

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал СФУ
институт

Строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.Н. Шибаева
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных
зданий с применением микрокремнезема
тема

08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления подготовки

08.04.01.03 «Теория и проектирование зданий и сооружений»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель _____ к.т.н., доцент Г.Н. Шибаева
подпись, дата должность, учёная степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ К.В. Сазнов
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент _____ Гл. инженер НО «МЖФ г. Абакан» А.В. Куранов
подпись, дата должность, учёная степень инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ к.т.н., доцент Г.Н. Шибаева
подпись, дата должность, учёная степень инициалы, фамилия

Абакан 2019

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЗАВЕДУЮЩЕГО КАФЕДРОЙ
О ДОПУСКЕ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ К ЗАЩИТЕ**

Вуз (точное название) Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

Кафедра Строительство

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заведующего кафедрой Строительство
(наименование кафедры)

Шибяевой Галины Николаевны

(фамилия, имя, отчество заведующего кафедрой)

Рассмотрев магистерскую диссертацию студента группы № 37-3

Сазнова Константина Вадимовича

(фамилия, имя, отчество студента)

выполненную на тему: «Особенности конструирования железобетонных
конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема»

по реальному заказу -

(указать заказчика, если имеется)

с использованием ЭВМ: Microsoft Office Word 2010,

Microsoft Office Excel 2010, AutoCAD 2014, Mozilla Firefox, SCAD Office

(название задачи, если имеется)

Положительные стороны работы: Проведены подборы рациональных
составов бетонов средних и низких классов на цементах М400-500 с тепловой
обработкой и в естественных условиях с микрокремнеземом. Исследованы
физико-механические и технологические свойства бетонов с
микрокремнеземом с привязкой к местным материалам завода ЖБИ НО «МЖФ
в г. Абакане». Проведены численные исследования и анализ НДС конструкций
с микрокремнеземом в сравнении с типовым.

в объёме 103 листов магистерской диссертации, отмечается, что работа
выполнена в соответствии с установленными требованиями и допускается
кафедрой к защите.

Зав. кафедрой Г.Н. Шибяева

« » 2019 г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал СФУ
институт
Строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.Н. Шибаева
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

в форме магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту: Сазнову Константину Вадимовичу
(фамилия, имя, отчество студента)

Группа 37-3 Направление (специальность) 08.04.01.03
(код)

«Теория и проектирование зданий и сооружений»
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: «Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема»

Утверждена приказом по университету № 623 от 28.09.2017 г.

Руководитель МД Г.Н. Шибаева к.т.н., доцент, зав. каф., ХТИ – филиала СФУ
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для МД: практические исследования в области подбора высокопрочных бетонов с микрокремнеземом и численные исследования и анализ НДС конструкций каркасного многоэтажного дома

Перечень разделов МД: аналитический литературный обзор; характеристика исходных материалов; исследовательская часть, численные методы исследований в программном комплексе Elcut; исследования в области надёжности и теплоэффективности различных видов теплоизоляционных материалов существующих многоэтажных зданий

Перечень графического или иллюстрационного материала с указанием основных чертежей, плакатов, слайдов 8 плакатов формата А1

Руководитель МД _____ Г.Н. Шибаева
(подпись) (инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению _____ К.В. Сазнов
(подпись) (инициалы и фамилия студента)

«_____» _____ 2017 г.

АННОТАЦИЯ

на магистерскую диссертацию Сазнова Константина Вадимовича
(фамилия, имя, отчество)

на тему: ***«Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема»***

Актуальность тематики и её значимость – Актуальность тематики связана в особенностях конструирования железобетонных конструкций с микрокремнеземом представляющие большой интерес, в связи с экономией бетона и арматуры, в сокращении сроков для возведения многоэтажных зданий.

Использование ЭВМ: Во всех основных главах магистерской диссертации, использованы стандартные и специальные строительные программы ЭВМ: Microsoft Office Word 2010, Microsoft Office Excel 2010, AutoCAD 2014, Mozilla Firefox, SCAD Office.

Качество оформления: Магистерская диссертация выполнена с высоким качеством на ЭВМ. Распечатка диссертации сделана на лазерном принтере с использованием цветной печати для большей наглядности диаграмм, графиков и схем. Разработано согласно СТО 4.2.07-2014.

Оценка достигнутого результата: Цели и задачи магистерской диссертации были достигнуты и решены.

Освещение результатов работы: Результаты исследований изложены последовательно, носят конкретный характер и освещают все этапы исследования.

Степень авторства: Магистерская диссертация выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Автор магистерской диссертации _____
подпись

К.В. Сазнов
(фамилия, имя, отчество)

Научный руководитель _____
подпись

Г.Н. Шибаева
(фамилия, имя, отчество)

ABSTRACT

of the master thesis by Saznova Konstantin Vadimovich
(surname, first name, patronymic)

Theme: *"Features of the design of reinforced concrete structures of multi-storey buildings using silica fume"*

Topicality and its significance – The relevance of the topic is related to the design features of reinforced concrete structures with silica fume of great interest, due to the savings of concrete and reinforcement, in reducing the time for the construction of multi-storey buildings.

The use of computers: In all main chapters of the master thesis the computer standard and special construction programs are used: Microsoft Office Word 2010, Microsoft Office Excel 2010, AutoCAD 2014, Mozilla Firefox, Elcut.

Quality of presentation: The master thesis is made with high quality by means of computer. Printout of the thesis is made by laser printer using the color printing for higher visual expression of charts, diagrams and schemes. It is developed according to STO 4.2.07-2014.

Evaluation of progress: The purposes and tasks of the master thesis have been reached and solved.

Coverage of results: Results of researches are stated consistently, have concrete character and cover all investigation phases.

Degree of authorship: The master thesis is executed by me independently. The materials and concepts used in the work from the published scientific literature and other sources have references to them.

Author of the master thesis

signature

K.V. Saznov
(first name, patronymic, surname)

Scientific supervisor

signature

G.N. Shibaeva
(first name, patronymic, surname)

ОТЗЫВ
НА МАГИСТЕРСКУЮ ДИССЕРТАЦИЮ
Сазнова Константина Вадимовича
Хакасского технического института – филиала СФУ
Кафедра «Строительство»

Выполненная магистерская диссертация на тему: «Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема» является актуальной работой, в которой решаются вопросы надежности проектирования и строительства многоэтажных каркасных зданий с применением микрокремнезема, с целью экономии бетона и арматуры.

За время обучения в магистратуре по направлению 08.04.01 «Строительство» магистерской программы 08.04.01.03 «Теория и проектирование зданий и сооружений», магистрант показал себя грамотным, организованным, целеустремлённым, подготовленным к проведению серьёзных научных исследований, о чём свидетельствует магистерская работа, публикации научных статей, участие в научно–практических конференциях.

Сформулированы цели, задачи. В исследовательской работе применён программный комплекс SCAD Office, просчитаны модели с разными классами бетонов в сравнении с типовым КУБ-2,5.

Сформулирована научная новизна, практическая значимость темы «Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема».

Магистрант Сазнов К.В. заслуживает присвоения звания магистра по направлению 08.04.01 «Строительство» магистерской программы 08.04.01.03 «Теория и проектирование зданий и сооружений», а работа «Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема» – оценки «_____».

К.т.н., доцент
кафедры «Строительство»,
ХТИ – филиала СФУ

(подпись)

Г.Н. Шибаева
(инициалы и фамилия)

РЕЦЕНЗИЯ НА МАГИСТЕРСКУЮ ДИССЕРТАЦИЮ

Сазнова Константина Вадимовича
Хакасского технического института – филиала СФУ
Кафедра «Строительство»

Выполненная на тему: «Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема».

Применение микрокремнезема в бетоне для строительства многоэтажных зданий позволяет сэкономить составляющие бетона, арматуры, ТВО (тепловлажностной обработки на 3-4 часа). Для возведения безригельного каркаса по системе КУБ-2,5 особенно все это актуально.

Диссертация Сазнова Константина Вадимовича является результатом упорной работы в магистратуре по направлению «Теория и проектирование зданий и сооружений».

Магистрант показал себя грамотным, подготовленным к проведению серьезных научных исследований, о чем и свидетельствует данная магистерская диссертация.

Проведены подборы составов бетонов с микрокремнеземом с исследованием физико-механических и технологических свойств бетонов с экономией цемента и получения высоких классов бетона, с применением программного комплекса SCAD Office просчитаны: каркас и перекрытие многоэтажного жилого дома. Анализ расчетов показал оптимальную высоту перекрытия и деформативность панелей и полученные НДС перекрытия, что актуально для строительства каркасных зданий.

Об этом свидетельствует сформулированные научная новизна, практическая значимость магистерской диссертации.

Замечания: расширить тему до экспериментальных наглядных результатов.

Данное замечание не влияет на общую оценку магистерской работы.

Магистрант Сазнов К.В. заслуживает присвоения звания магистра по направлению 08.04.01 «Строительство» магистерской программы 08.04.01.03.

«Теория и проектирование зданий и сооружений», а работа «Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема» - оценки «отлично»

Главный инженер НО «МЖФ»
(должность)

А.В.Куранов
(Ф.И.О)

« ____ » _____ 2019 г.

РЕФЕРАТ

Реферат на тему: «Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема» содержит 103 страниц текстового документа, 33 рисунков, 5 графиков, 23 таблиц, 14 формул, 187 использованных источников.

МИКРОКРЕМНЕЗЕМ, ВЫСОКОПРОЧНЫЕ БЕТОНЫ, ЭКОНОМИЯ ЦЕМЕНТА, НДС, ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, МНОГОЭТАЖНОЕ КАРКАСНОЕ ЖИЛОЕ ЗДАНИЕ.

Основная цель: исследовать напряженно-деформированное состояние (НДС) несущих конструкций с микрокремнеземом многоэтажного жилого здания в сравнении с типовым.

Из данной цели вытекают следующие задачи:

- обобщить и проанализировать литературный обзор с отечественным и зарубежным опытом конструкторских разработок;
- найти способы выявления анализа закономерности изменения напряженно-деформированного состояния изучаемых конструктивных форм в зависимости от статических и геометрических параметров;
- провести анализ конструктивных решений многоэтажных железобетонных зданий и выявить показатели, влияющие на снижение материалоемкости.

В результате проведенных исследований получены высокопрочные бетоны беспропарочные с отпускной прочностью В40 в течении 24 часов, сокращены продолжительность ТВО на 3-4 часа, выявлены пути по эффективному снижению материалоемкости элементов железобетонного каркаса на основе применения бетонов повышенных классов прочности, решена задача оптимальной толщины плиты перекрытия в составе каркаса по критерию материалоемкости и стоимости, проведены многофакторные численные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных плит перекрытия в составе конструкции каркаса здания с варьированием пролетов, толщин, нагрузок, классов бетона и арматуры.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Состояние вопроса и постановка задач исследования.....	9
1.1 Опыт конструирования железобетонных перекрытий многоэтажных зданий в России и за Рубежом	9
1.2 Особенности применения модифицированных бетонов в строительстве	25
2 Подбор состава бетонной смеси с применением микрокремнезема с привязкой к местным материалам Республики Хакасия	33
2.1 Изучение процесса структурообразования в цементных системах с микрокремнеземом.....	33
2.2 Подбор рациональных составов высокопрочных бетонов средних и низких классов на цементах М 400- 500 с тепловой обработкой и в естественных условиях	36
3 Численные исследования и анализ напряженно-деформированного состояния разработанных конструкций.....	48
3.1 Обоснование выбранного метода исследования.....	48
3.2 Анализ эффективности сечения перекрытия в программе SCAD Office с учетом НДС из бетона с микрокремнеземом В25, В40, А400.....	49
3.3 Расчет многоэтажного жилого здания в программе SCAD Office	55
3.3.1 Сбор нагрузок на перекрытие из бетона с микрокремнеземом В25, А400 при сечении перекрытия Н=160мм жилого многоэтажного здания. Расчет многоэтажного здания.....	57
3.3.2 Сбор нагрузок на перекрытие из бетона с микрокремнеземом В40, А400 при сечении перекрытия Н=140мм жилого многоэтажного здания. Расчет многоэтажного здания.....	63
3.3.3 Сбор нагрузок на перекрытие из бетона с микрокремнеземом В40, А400 при сечении перекрытия Н=120мм жилого многоэтажного здания. Расчет многоэтажного здания.....	68
4.Экономический анализ	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	83

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач строительной отрасли Хакасии является снижение себестоимости строительства за счёт использования новейших технологий и материалов. Строительство в Хакасии – это развивающаяся отрасль. Большая часть строительных конструкций в стране выполняется из железобетона. В связи с этим, одним из путей снижения затрат на материалы для капитального строительства является сокращение количества применяемой арматуры в конструкции за счёт использования бетонов повышенной прочности. Наибольший экономический эффект здесь следует ожидать при проектировании сжатых железобетонных конструкций. Уже известны пути повышения прочности бетона - это использование модификаторов, химических добавок, и сопровождение всего процесса строгим контролем качества.

Актуальность. Известно, что модель расчёта, основанная на классической теории, не позволяет в полной мере учесть все особенности работы железобетонных конструкций, что значительно затрудняет возможности рационального проектирования конструкций. Так, в классической теории есть ряд допущений:

- вместо имеющейся в действительности криволинейной диаграммы для расчёта принимается прямоугольная эпюра напряжённого состояния при сжатии бетона;
- в расчётах работа растянутого бетона не учитывается;
- расчёт не позволяет получить картину напряжённо-деформированного состояния элемента при превышении напряжениями в арматуре нормативного сопротивления, не позволяет учитывать текучесть и последующее упрочнение арматуры (мягких сталей);
- для определения кривизны и прогибов как до, так и после образования трещин, в элементе используются различные подходы;

- целесообразно принимать единую расчётную модель для определения прочности, деформативности и трещиностойкости конструкции вместо существующих в данный момент нескольких расчётных моделей;
- нет возможности определить напряжённо-деформированное состояние конструкции в любой стадии загрузки, так как оценивать прочность конструкции можно только в предельной стадии её работы.

На основе этих и ряда других допущений строятся инженерные расчёты, приспособленные для выполнения ручным способом или при помощи несложных компьютерных программ. Иначе говоря, в основе классической теории заложены принципы упрощения расчётных зависимостей за счёт отхода от физики происходящих процессов и некоторой потери точности.

Современная теория расчёта железобетона неуклонно развивается в сторону отказа от упрощённых схем и создания универсальной деформационной модели расчёта с учётом реальной нелинейной работы бетона в поперечном сечении.

В настоящее время компьютерная техника стремительно развивается и сложные инженерные задачи стали решаемыми с помощью компьютерных программ. Это даёт возможность выполнять расчёты железобетонных конструкций на новом уровне.

Так, в последние десятилетия активно развиваются методы расчёта железобетонных конструкций с использованием высокопрочных бетонов, арматуры. Поэтому не обходимо уделять внимание совершенствованию методов расчёта прочности, деформативности и трещиностойкости железобетонных конструкций, многоэтажных зданий из бетона с применением микрокремнезема.

В развитии и совершенствовании железобетонных конструкций из бетона с микрокремнеземом, в исследованиях технологических процессов, изучения несущей способности приняли участие многие отечественные и зарубежные ученые: А.М. Мкртчян, В.И. Калашникова, С.С. Каприелова,

В.М. Колбасова, Б.Я. Трофимова, А.В. Шейнфельда, А.С. Салов, А.А. Гвоздева, О.Я. Берга, В.И. Мурашева, В.М. Бондаренко, П.И. Васильева, А.К. Малмейстера, СЕ. Фрайфелда, СВ. Александровского, Г.А. Гениева, Andersson J. L., Baumann T., Boll K., Brook G., Craemer H., Corley B., Duddeck H., Elstner R. C, Hognestad E., Hawkins N. M., Grimm R.[7,108,118,119,121,163,180].

Цель работы – исследовать напряженно-деформированное состояние (НДС) несущих конструкций с микрокремнеземом многоэтажного жилого здания в сравнении с типовым КУБ-2,5.

Для достижения поставленной цели потребуется решить следующие **задачи**:

- обобщить и проанализировать литературный обзор с отечественным и зарубежным опытом конструкторских разработок;
- разработать и исследовать составы бетонов с микрокремнеземом с разработкой технологии и изготовления;
- найти способы выявления анализа закономерности изменения напряженно-деформированного состояния изучаемых конструктивных форм в зависимости от прочностных и геометрических параметров;
- провести анализ конструктивных решений многоэтажных железобетонных зданий и выявить показатели, влияющие на снижение материалоемкости.

Объектом исследование является жилое многоэтажное здание.

Предмет исследования – перекрытия жилых многоэтажных зданий из бетона с микрокремнеземом в сравнении с типовым КУБ-2,5.

Научная новизна

- впервые в Хакасии обоснован принцип управления структурой и свойствами цементного камня высокопрочных бетонов с микрокремнеземом, на основе которого выполнен подбор составов бетонной смеси с микрокремнеземом с исследованием физико-механических и технологических параметров;

– выявлены закономерности влияния прочностных и геометрических параметров на напряженно-деформированное состояние перекрытия;

– на основе численных методов установлены основные прочностные и деформационные свойства перекрытий из бетонов с микрокремнеземом В25-В40 многоэтажных жилых зданий в сравнении с типовым КУБ-2,5.

Практическая ценность работы заключается:

– проведен анализ материаловосберегающих и энергосберегающих решений и определен экономический эффект от применения бетона с микрокремнеземом при строительстве многоэтажных жилых зданий;

– на основе использования микрокремнезема разработаны и исследованы бетоны повышенной прочности с технологией изготовления;

– проведены численные эксперименты в программе SCAD Office элементов многоэтажного жилого здания в сравнении с типовым КУБ-2,5.

Публикации

1. Сазнов К.В. Применение отходов Новокузнецкого ферросплавного завода при производстве бетонов заводского и монолитного изготовления./ Нагрузова Л.П., Сазнов К.В., Кононов А.Ю., Кубанычбек Кызы Айтбу// Международный электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и разработки» №5 - (22) – Москва, 2018. - С.394-398.

2. Сазнов К.В. Малоэтажное домостроение из эффективных и экологически чистых материалов./ Нагрузова Л.П., Сазнов К.В., Сараева Н.Ю. // Международный электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и разработки» №5- (22) – Москва, 2018. - С.503-507.

3. Сазнов К.В. Technology and production of reinforced concrete structures with use of microsilica dioxide for multistoried housing construction in to the republic of Khakassia / Нагрузова Л.П., Шибеева Г.Н., Сазнов К.В.,

Кубанычбек КЫЗЫ Айтбу // Международный научно-практический журнал «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering»- принята к печати

4. Сазнов К.В. Technology and manufacture of reinforced concrete structures with application of silica fume for multistorey house-building in the Republic of Khakassia / Нагрузова Л.П., Шибаева Г.Н., Сазнов К.В., Кубанычбек КЫЗЫ Айтбу // Международный научно-практический журнал «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering», Томск – 2019г. – принята к печати

5. Сазнов К.В. Improvement of thermal efficient panels on a wooden frame with polystyrol cement insulation for quickly erectable low-rise buildings / Нагрузова Л.П., Шибаева Г.Н., Сазнов К.В., Кубанычбек КЫЗЫ Айтбу // « E3S Web of Conferences», Москва – 2019г. - принята к печати

6. Сазнов К.В. Подбор состава бетонной смеси с применением микрокремнезема с привязкой к местным материалам Республики Хакасия / Нагрузова Л.П., Кубанычбек кызы Айтбу // Региональная конференция «Научный потенциал Хакасии», Абакан – 2019г.

7. Сазнов К.В. Заводское и монолитное изготовление железобетонных конструкций с применением микрокремнезема в республике Хакасия / Нагрузова Л.П., Шибаева Г.Н., Сазнов К.В., Кубанычбек КЫЗЫ Айтбу // конференция Проспект свободный 2019, Красноярск – 2019г.

8. Сазнов К.В. Экономическая эффективность производства, бетонов с микрокремнеземом для многоэтажного домостроения./ Нагрузова Л.П., Шибаева Г.Н., Сазнов К.В., Кубанычбек КЫЗЫ Айтбу // Международный научно-практический журнал « Экономика и строительство »- принята к печати

1. Состояние вопроса и постановка задач исследования

1.1 Опыт конструирования железобетонных перекрытий многоэтажных зданий в России и за Рубежом

В 20-х годах прошлого столетия создаются мощные строительные организации, специализирующиеся на возведении сооружений из монолитного железобетона [1]. Объем укладываемого ежегодно монолитного железобетона в России стал достигать нескольких миллионов кубометров. Из монолитного железобетона стали строить жилые и промышленные здания, мосты, гидроэлектростанции, резервуары и др. сооружения [2]. Русские ученые с самого начала распространения монолитного железобетона в строительстве уделяли большое внимание технологическим задачам. В начале XX века были сделаны первые попытки механизации бетонных работ[1,2].

Большой вклад в разработку теории и практики строительства из монолитного железобетона в конце девятнадцатого и начале двадцатого века вносят русские ученые С.М. Ампилов, А.А. Ананенко, А.А. Афанасьев, А.С. Салов, Ю.М. Баженов, В.Н.Байков, Э.Е. Сигалов, Б.И. Березовский, Н.И. Евдокимов, А.А. Варламов и другие [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,18].

Устройство опалубки из отдельных досок «по месту», приготовление бетона, подача его в опалубку и укладка осуществлялись вручную. К этому периоду относятся первые попытки механизации приготовления и укладки бетонной смеси [8] . Однако эти попытки носили опытный характер и были далеки от практического применения[10]. Тем не менее совершенствование технологии продолжалось. Вместо опалубки вначале выполняемой из отдельных досок и брусьев, скрепляемых скобами и гвоздями, стали использовать деревянные щиты, которые могли использоваться повторно[8,10].

При устройстве колонн и стен деревянные щиты соединялись между собой на скобах и проволочных скрутках. После набора бетоном соответствующей прочности скрутки обрезались, а щиты переставлялись на новое место. Такая опалубка была проста в изготовлении, но имела небольшой срок службы - всего 2-4 оборота[13,14].

К началу XX века был уже накоплен значительный опыт строительства из монолитного железобетона во всем мире. Для гражданских и общественных зданий железобетон в основном использовался в колоннах и ребристых перекрытиях. Преимущество ребристых перекрытий заключалось в относительной простоте и ясности расчетной схемы.

Однако ребристые перекрытия для жилых зданий создавали целый ряд неудобств, связанных с прокладкой инженерных сетей, неровными потолками, санитарными требованиями и т.д. Устраняя эти неудобства, конструкторы стали разрабатывать монолитное безбалочное перекрытие. Строительство монолитных железобетонных безбалочных перекрытий начинается в первом десятилетии XX века [14,15]. Широкое применение монолитного безбалочного каркаса осуществлялось в Европе и США. В США проект инженера Торнера - здания с монолитным безбалочным перекрытием — был реализован в 1906 году [14]. Первенство в Европе по проектированию и строительству принадлежит Российским ученым. Так из европейских инженеров профессор А.Ф. Лолейт был первым, кто запроектировал и непосредственно участвовал в строительстве здания с безбалочными перекрытиями с ортогональной системой армирования. По его проекту в 1908 году осуществлено строительство в Москве четырехэтажного здания склада молочных продуктов. В Швейцарии здание с аналогичным перекрытием было построено только в 1910 г.

Из-за сложности стыка плиты и колонны первые безбалочные перекрытия были с капителями — уширениями колонны в верхней части, примыкающей к плите. Наличие капителей затрудняло применение таких перекрытий для общественных и жилых зданий. Поэтому инженерная

мысль продвигалась по пути устранения капителей и применения «ровных» потолков[18,19]. Плоские перекрытия не только улучшали внешний облик интерьеров, но и позволяли сделать планировку более свободной. Кроме того значительно упрощалась и удешевлялась прокладка инженерных сетей, экономился объем зданий, а, следовательно, сокращались расходы на ограждающие конструкции.

Первые решения монолитных безбалочных безкапительных перекрытий представляли из себя перекрытия со скрытыми капителями. В, такой конструкции капитель выполнялась стальной, что позволило «скрыть» ее внутри плиты перекрытия [21]. Часто скрытые металлические капители назывались «воротниками». В начале 40-х годов прошлого столетия появились первые элементы сборного железобетона, выполняемые в более благоприятных условиях для получения качественных конструкций. Скрытые капители стали применяться и в сборно-монолитном варианте. В этом случае, капителью являлась сборная предварительно напряженная плита, омоноличиваемая с перекрытием. В дальнейшем такая конструкция традиционно применялась при строительстве методом подъема этажей [21,22]. Отсутствие капителей снижало жесткость всего каркаса в целом. Для увеличения жесткости инженерами П.С. Сухановым и Н.Ф. Скворцовым был разработан каркас с металлическими колоннами. Но широкого распространения такие конструкции не получили из-за большого расхода металла и технологических сложностей. В 40-х годах XX века на стройках в городах с большими объемами бетонных работ стали появляться бетономешалки с электроприводом, транспортеры и крановое оборудование. Тем не менее сооружения из железобетона требовали огромное количество трудовых ресурсов. Технология производства отставала от темпов индустриализации страны, а ручной труд был преобладающим. Разрыв технологии строительного производства с передовыми странами Европы и Америки сокращался медленно. Необходимо было радикально менять подход к организации и технологии

производства — от строительных дворов, где железобетон и опалубка производились самостоятельно, к крупным заводам по производству сборного железобетона и строительным площадкам, на которых осуществлялся монтаж сооружения индустриальными методами [97].

Сегодня применение монолитного многоэтажного безригельного каркаса является одним из перспективных направлений в строительстве жилья, административных зданий и других сооружений, как в России, так и за рубежом. В России железобетонные безбалочные каркасы в монолите начали возводить на несколько лет раньше, чем в Европе [97].

Вместе с тем необходимость восстановления разрушенного хозяйства в кратчайшие сроки, сезонность монолитного строительства, недостаток кранового оборудования, индустриальной опалубки и механизмов для индустриальной технологии укладки бетона на стройплощадке привели к тому, что монолитный безбалочный каркас для многих отраслей хозяйства был вытеснен в нашей стране сборным железобетоном. Сборный железобетон позволял вести работы ускоренно, круглогодично, с заводским контролем качества, с минимальными затратами на стройплощадке, но он требовал больших материальных и энергетических ресурсов. Поэтому поиск рациональных конструкций монолитных безбалочных каркасов продолжался.

Особенно остро этот вопрос встал после окончания Великой Отечественной войны. Страна нуждалась в восстановительных работах, масштабов которых не знало ни одно государство. Строительство должно было стать поточным и однотипным. Поэтому был взят курс на строительство из сборного железобетона. Сезонность монолитного строительства, отсутствие индустриальной опалубки, высокая трудоемкость укладки бетона без механизации на стройплощадке, дефицит оборудования и механизмов, сложность расчета без вычислительной техники статически неопределимых систем и др., привели к тому, что монолитный безбалочный каркас для многих отраслей хозяйства был вытеснен сборным

железобетоном. Сборный железобетон позволял вести работы круглогодично, с заводским контролем качества, с минимальными затратами на стройплощадке. Кроме того, при строительстве из сборного железобетона существенно упрощалась расчетная схема большинства конструкций, что позволяло осуществлять проектирование без сложной вычислительной техники. По этим причинам, вплоть до девяностых годов прошлого века, сборные каркасы занимали лидирующие позиции в нашей стране при строительстве жилых, общественных, промышленных зданий и сооружений. Применение сборного железобетона сыграло положительную роль в восстановлении народного хозяйства в сжатые сроки и восстановлении и развитии жилого фонда [84,85]. Тем не менее сборный железобетон весьма выгодный при массовой однотипной застройке, оказался менее рациональным при выполнении индивидуальных проектов, так как требовал больших материальных и энергетических ресурсов. Поэтому поиск рациональных технологий сооружения монолитных сооружений, в том числе и безбалочных каркасов, продолжался исследователями почти без перерыва с самого начала применения сборного железобетона [85].

Благодаря этому впервые в мировой практике (труды русских ученых П.П. Будникова, С.А. Миронова, В.Н. Сизова, Б.Г. Скрамтаева и др.) еще в 30-х годах XX столетия стали применяться методы зимнего бетонирования [85,87]. Метод расчета железобетонных конструкций по предельным состояниям, предложенный и разработанный проф. А.Ф. Лолейтом, А.А. Гвоздевым, Я.В. Столяровым, Н.С. Стрелецким, В.И. Мурашовым, В.М. Келдышем и др. [27,28,29], позволил надолго опередить западные страны в создании практических рекомендаций, учитывающих особенности поведения бетона и железобетона под нагрузкой. Особенно это касалось монолитных железобетонных сооружений, где совместная неразрезная работа конструкций обеспечивается без специальных стыков, необходимых для сооружений в сборном варианте. Вместе с тем, отсутствие

вычислительной техники и специальных программ для расчета неразрезных систем в автоматизированном режиме существенно усложняло задачу применения монолитных конструкций, хотя их преимущества были очевидны.

Сопоставление экономических показателей сборного и монолитного строительства с появлением мощных вычислительных комплексов, технических и технологических достижений по доставке на стройплощадку и укладке бетонных смесей, оказалось не в пользу сборного строительства [7,163]. Выяснилось, что суммарные затраты в крупнопанельном строительстве с учетом всех расходов при современном уровне производства монолитного железобетона оказываются выше на 30-45%. Качественным решением повышения эффективности монолитного строительства является применение бетонов повышенной прочности на основе суперпластификаторов и комплексных модификаторов на их основе [6].

Открытие в последние 20 лет новых технологических приемов и механизмов, необходимость учета не только экономических требований, но и социальных, архитектурных, градостроительных и др. привело к повышению роли монолитного строительства. В настоящее время применение монолитного многоэтажного безригельного каркаса является одним из самых перспективных направлений в строительстве жилья, административных зданий и других сооружений, как в России, так и за рубежом. Кроме того развитие вычислительной техники значительно упростило расчет сложных статически неопределимых систем. Это снизило материалоемкость и повлекло за собой увеличение объемов строительства зданий и сооружений с применением монолитных безбалочных каркасов [11,14,20,92,163].

В настоящее время исследование монолитных и сборных каркасов продолжается, идет активное совершенствование расчетов конструкций.

В работах учёных были проанализированы особенности работы железобетонных стоек, даны оценки влияния указанных факторов на несущую способность и деформативность конструкций. Все вышеуказанные эксперименты были проведены в разное время разными методами, что является главной причиной несходимости экспериментальных данных – полученные данные имеют большой разброс.

Многофакторный анализ экспериментальных данных разных авторов показал, что на несущую способность железобетонных колонн из бетонов средней прочности влияют гибкость элемента, относительный эксцентриситет внешней нагрузки, степень обжатия и прочность бетона. Менее существенно влияют на прочность конструкции модуль упругости бетона и процент армирования [164,165,166].

Важным фактором для получения реальной несущей способности железобетонных колон является нелинейный расчёт с использованием диаграмм деформирования бетона с учётом нисходящей ветви. В 1959 году Гвоздев Л. А. [22] выступил с идеей о развитии строительной механики железобетонных конструкций, в которой учитывались бы все особенности работы железобетона под нагрузкой. Здесь же он указал на необходимость учёта в расчётах железобетонных конструкций диаграммы «Gb- ϵ_b » с ниспадающим участком для бетона.

В экспериментах Дегтярёва В.В. применялся высокопрочный бетон (до $R_b = 81,4$ МПа) и высокопрочная сталь (диаметр до 18 мм, предел текучести до 600 МПа) с большими процентами армирования ($\mu = 7,7\%$), и также выявлен ниспадающий участок диаграммы в работе бетона. В этих экспериментах проявилась (при центральном сжатии) большая неравномерность распределения деформаций по сечению и по длине элемента, вызванная относительно большими диаметрами арматуры, большими процентами армирования и конструктивно неравномерной передачей усилий на торцах колонн. Дегтярёв В.В. утверждал, что

параметры диаграммы «о-е» бетона существенно зависят от количества арматуры и её свойств.

Е. Хогнестед с соавторами [167] испытывали внецентренно сжатые стержни, и для анализа напряжений в бетоне использовали гипотезу плоских сечений. Они также получили нисходящий участок кривой Оь-£ь. Это вызвало критику учёных, не признававших выполнимость гипотезы плоских сечений в бетоне, а также сомнение в достоверности полученных результатов. Однако, большое число опытов Е. Хогнестеда, без сомнения, указывало на наличие ниспадающего участка диаграммы при внецентренном сжатии. Косвенным подтверждением существования нисходящего участка диаграммы «о-е» бетона явились значения деформаций крайних сжатых волокон сечения, замеренные при испытаниях железобетонных конструкций. Эти деформации имеют гораздо большие величины, чем аналогичные деформации при центральном сжатии.

Таким образом, нормы Евростандартов не учитывают сильного влияния геометрических размеров сечения на величины коэффициентов продольного изгиба. Использование не приведённого, а относительного эксцентриситета требует построения зависимостей для каждого типа поперечного сечения.

Численные эксперименты, проведённые СПбГПУ [168], показали, что даже для случая сплошных сечений - прямоугольного и круглого - имеется заметное различие критических сил, наблюдаемых в области средних и больших гибкостей: критическая сила прямоугольного сечения на 33% выше критической силы круглого сечения. Различным аспектам экспериментальных и теоретических вопросов кратковременной устойчивости железобетонных колонн посвящены работы Боришанского М.С., Кузнецова А.Н., Ржаницына А.Р., Никитина Г.В., Манжаловского В.П., Гениева Г.А., Бондаренко В.М., Гусакова В.Н., Романова П.П., Махновского А.И., Таля К.Э., Чистякова Е.А., Каюмова Р.Х., Маиляна Д.Р., Бамбуры А.Н., Подобенко Т.Н., Попеско А.И., Мунира А., Роша М.,

Баумана О., Хогнестада Е., Хансона Р., Розен Грома А., Хабеля А., Джекобсона А., Геллера В., Хотгера К., Бромса Б. и других учёных [23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37].

За рубежом в последние десятилетия указанную проблему рассматривали Foster S.I., Fttard M.M. (1997), Chuang P.H., Kong F.K. (1997), Kim I., Jang I. (1995), Ibrahim Mac Gregor L.G. (1994), Held M., Konig G., Simsch G. (1993), Bjerkeli L., Tomaszewics A. (1992) и другие; краткий анализ этих работ проводит Claeson C. (1997). [126,127,128,129].

В ряде зарубежных исследований для высокопрочных бетонов учитывается различие прочностных свойств бетона, находящегося внутри арматурного каркаса и вне его [174] (рисунок 1).

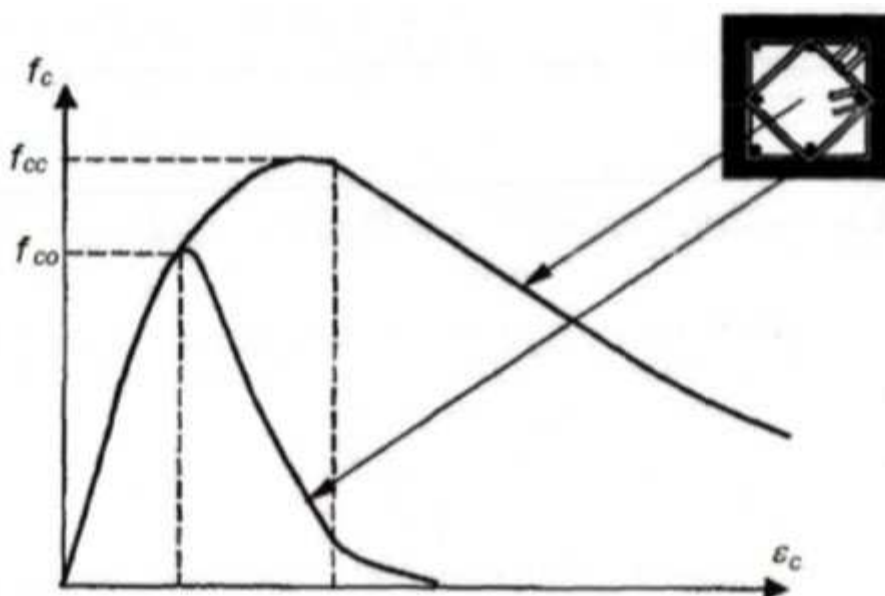


Рисунок 1 - Различие диаграмм работы сжатого высокопрочного бетона в колоннах

На графике: f_{co} - прочность бетона защитного слоя на сжатие при одноосном напряжённом состоянии; f_{cc} - то же, для бетона внутри арматурного каркаса. Для связи прочностей бетона f_{co} и f_{cc} предложено несколько эмпирических формул. Г. Кбниг и Г. Ситш [130,131] рекомендуют для величины f_{cc} зависимость:

$f_{cc} = f_{co} \cdot \left(\frac{d}{d_0} \right)^{-1}$ где f_{co} - прочность бетонного цилиндра диаметром 15 см и высотой 30 см;

- эмпирический коэффициент: $\gamma=0,85$ - при малых эксцентриситетах; - в остальных случаях. Нетрудно видеть, что такое влияние прочности f_{c0} на конечные результаты численно будет заметным при достаточно малых размерах поперечных сечений колонн.

Для высокопрочных бетонов сжатых колонн за рубежом получены специальные рекомендации (рисунок 2) по размерам толщины защитного слоя бетона (из условия его отслоения)

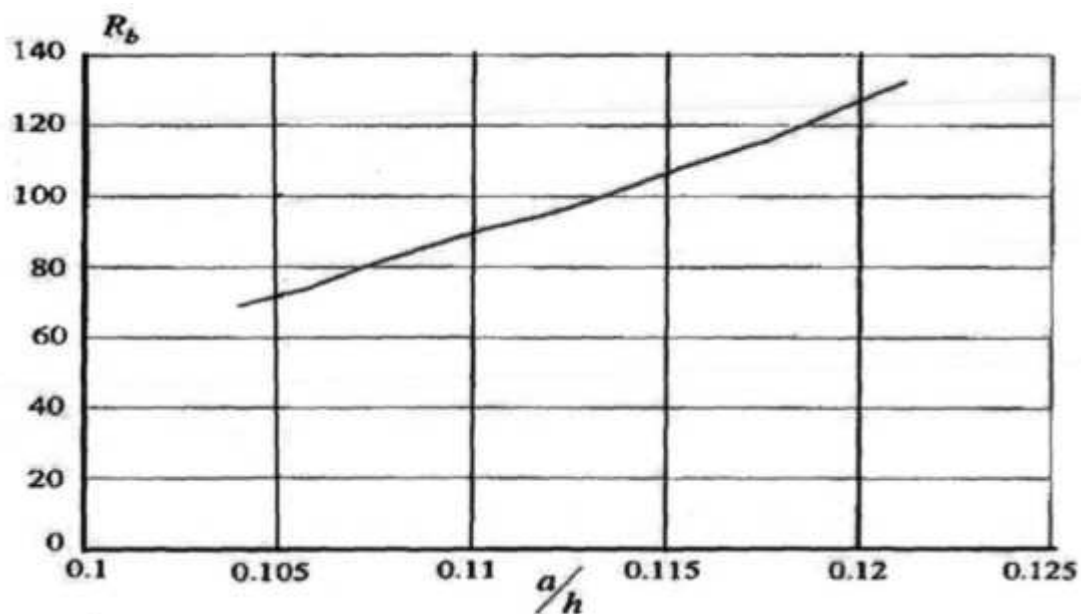


Рисунок 2 - Зависимость прочности бетонов от относительной толщины защитного слоя

В университете Северной Каролины учёные исследовали влияние типа армирования на несущую способность колонн. Был поставлен эксперимент в общем количестве более 100 колонн из высокопрочного бетона прочностью от 70 МПа до 125 МПа. Коэффициент армирования варьировался от 0,9% до 4,19%, максимальная гибкость у колонн $A=I_0/h$ от 4 до 30 и относительный эксцентриситет, e_0/h - от 0 до 0,5. В результатах экспериментов Ким Ж.К. и Янг Ж.К. говорится о том, что с увеличением коэффициента армирования в два раза во внецентренно сжатых "коротких" колоннах с классом бетона В67 при одинаковом относительном эксцентриситете несущая способность колонн возрастает всего на 5%. Но

при гибкости $DL=30$ несущая способность увеличивается на 25%. Та же зависимость наблюдается при классе бетона B91.

Анализируя результаты экспериментов Чуанг П.Х., Фостер Ж.А., Атард М.М., Клеасон К. и Конг Ф.К. можно сделать вывод, что при классе бетона B70 и коэффициенте армирования меньше 1%, с увеличением относительного эксцентриситета в 2 раза несущая способность у "коротких" колонн уменьшается на 40%. С увеличением гибкости несущая способность уменьшается почти на 60%. При высоких классах бетона в обоих случаях уменьшение несущей способности составляет соответственно 35% и 55%. Когда увеличивается коэффициент армирования, то несущая способность колонн при изменении относительного эксцентриситета в 2 раза при неизменной гибкости уменьшается на 20%. Если коэффициент армирования превышает 4% при гибкости $A/,=30$, увеличение относительного эксцентриситета в 3 раза (от 0,1 до 0,3) приводит к уменьшению несущей способности на 15%. Это говорит о том, что при рациональном подборе коэффициента армирования можно достичь максимального эффекта увеличения несущей способности колонны. В данных работах приводится только анализ данных и сравнение их с теоретическими значениями.

Сегодня концепцию бетонов с высокими эксплуатационными свойствами можно изложить следующим образом [38,39]:

а) доступная технология производства бетонных смесей и бетонов с широким диапазоном свойств, основанная на использовании сложившейся производственной базы и традиционных материалов; б) высокие физико-технические характеристики бетонов — высокая прочность, низкая проницаемость для воды и газов, низкая усадка и ползучесть, повышенная коррозионная стойкость и долговечность, т.е. свойства, сочетание которых или преобладание одного- из которых обеспечивает высокую надежность конструкций при любых условиях эксплуатации. Такой подход вполне обоснован [40,41]:

- с одной стороны, бетон должен сохранить все преимущества, сделавшие его основным конструкционным материалом строительства, т.е. изготавливаться, главным, образом, на основе местных ресурсов в непосредственной близости от стройплощадок, с небольшими трудозатратами как при приготовлении смесей, так и при бетонировании конструкций;

- с другой стороны, он должен обладать достаточным потенциалом, чтобы воспринимать без «вторичной» защиты повышенные физико-механические нагрузки при эксплуатации конструкций в различных, в том числе в сильно агрессивных средах.

Реализация концепции таких бетонов оказалась возможной, прежде всего благодаря появлению на отечественном строительном рынке органоминеральных модификаторов – микрокремнезема, который представляют собой порошкообразный материал, высокодисперсный [41].

Уникальные бетоны, получившие достаточное распространение в последние годы представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Уникальные бетоны в современном строительстве

Термин	Параметр	Применение
Сверхвысокопрочный бетон Ultra High- Strength Concrete (UHSC)	Прочность на сжатие выше 150 МПа	Специальные конструкции и элементы
Бетоны с улучшенными деформационными характеристиками Shrinkage compensated Concrete	Бетоны с компенсированной усадкой или с расширением. Бетоны с повышенной термической трещиностойкостью	Протяженные монолитные конструкции. Массивные фундаментные плиты
Термин	Параметр	Применение
Самоуплотняющиеся бетоны Self-Compacting Concrete	Высокоподвижные • самовыравнивающиеся смеси стабильной консистенции с распылом конуса более 60 см не	Густоармированные конструкции сложной конфигурации

	требующие виброуплотнения	
Порошковые бетоны Reactive powder Concrete	Мелкозернистые бетоны прочностью 180...250 МПа	Мелкообъемные элементы, ограждающие конструкции и детали

Создание бетонов нового поколения базируется на дальнейшем развитии теории твердения многокомпонентных систем, позволяющих создавать прочный, морозостойкий, водонепроницаемый и долговечный бетон. Важнейшей задачей строительной индустрии является дальнейшее развитие тесного сбалансированного сотрудничества ученых и производителей [42,43,44,45,46]. Высокопрочные бетоны быстрее набирают прочность, чем традиционные.

Преимущества применения высокопрочных бетонов [47,48,49,50,51,52]:

- сокращение габаритов опалубки для колонн, балок и стеновых элементов;
- уменьшение строительной - толщины при увеличении несущей способности конструкций, работающих на изгиб;
- создание более изящных контуров при увеличении длины пролетов;
- конструкций, работающих на изгиб (большепролетные мосты);
- одинаковые размеры опалубки в условиях заводского производства колонн, рассчитанных на различную нагрузку, или для производства колонн для всех этажей при монолитном строительстве (высокопрочный бетон на нижних этажах);
- сокращение расхода бетона и арматуры и, соответственно, транспортировочной и монтажной массы;
- повышенная начальная прочность, что обеспечивает возможность более ранней эксплуатации элемента;

- более высокая плотность, водо- и газонепроницаемость за счет низкого содержания капиллярных пор;
- увеличенная износостойкость;
- повышенная коррозионная, защита арматуры за счет чрезвычайно медленного распространения карбонизации;
- повышенная стойкость к химически активным веществам.

А.С. Салов выполнил расчеты по снижению расхода арматурной стали при повышении класса прочности бетона (расчетного сопротивления от R_{b0} до R_{bi}) для арматуры класса A400 и повышенного класса прочности A500C с определением рациональных областей применения бетонов повышенной и высокой прочности, по оптимизации толщины плиты перекрытия по критерию материалоемкости и стоимости материалов в пределах одного класса прочности бетона и арматуры. Решение этой задачи применительно к железобетонной плите перекрытия одинаковой несущей способности по неизменной части нагрузки, включающей «полезную» и нагрузку от веса пола и перегородок, и переменной части - нагрузки от собственного веса плиты при изменении ее толщины приводится ниже. В общем случае соотношение расхода бетона и арматуры с изменением толщины плиты перекрытия может быть описано зависимостями, представленными на рисунке 3 [5,7,47]

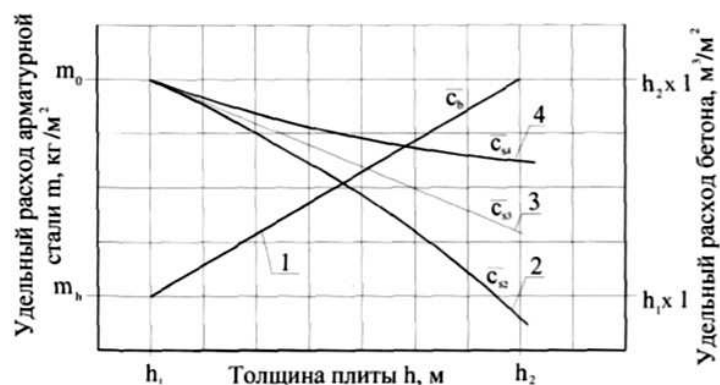


Рисунок 3-Характер зависимостей расхода бетона и арматуры с изменением толщины плиты перекрытия

Показатели материалоемкости плоской плиты перекрытия при повышении ее толщины h для бетона одинакового класса прочности определяются действием нескольких конкурирующих факторов (рисунок 3) [5,7,47]:

1. Увеличение плеча внутренней пары сил z_b по абсолютному значению, что при сохранении площади рабочей арматуры обуславливает повышение несущей способности сечения по изгибающему моменту.

2. При постоянстве фактора $a, + d/2$ ($a, -$ толщина защитного слоя, $d/2 -$ полудиаметр стержней рабочей арматуры) плечо z_b с увеличением толщины будет увеличиваться относительно толщины плиты h ускоренно.

3. Негативным фактором в этих условиях является повышение суммарной расчетной нагрузки на единицу площади перекрытия, обусловленное увеличением нагрузки от собственного веса плиты. Количественная оценка, выполненная применительно к плитным конструкциям в исследуемом диапазоне толщин $h_1 - h_2$ с использованием бетонов классов прочности В20-60, показала, что в этом процессе доминирующим является действие позитивных факторов. [5,7,47]



Рисунок 4 - Изменение относительной нагрузки на единицу площади плиты перекрытия и относительного плеча внутренней пары сил для сечения на основе бетона В30 при изменении толщины плиты

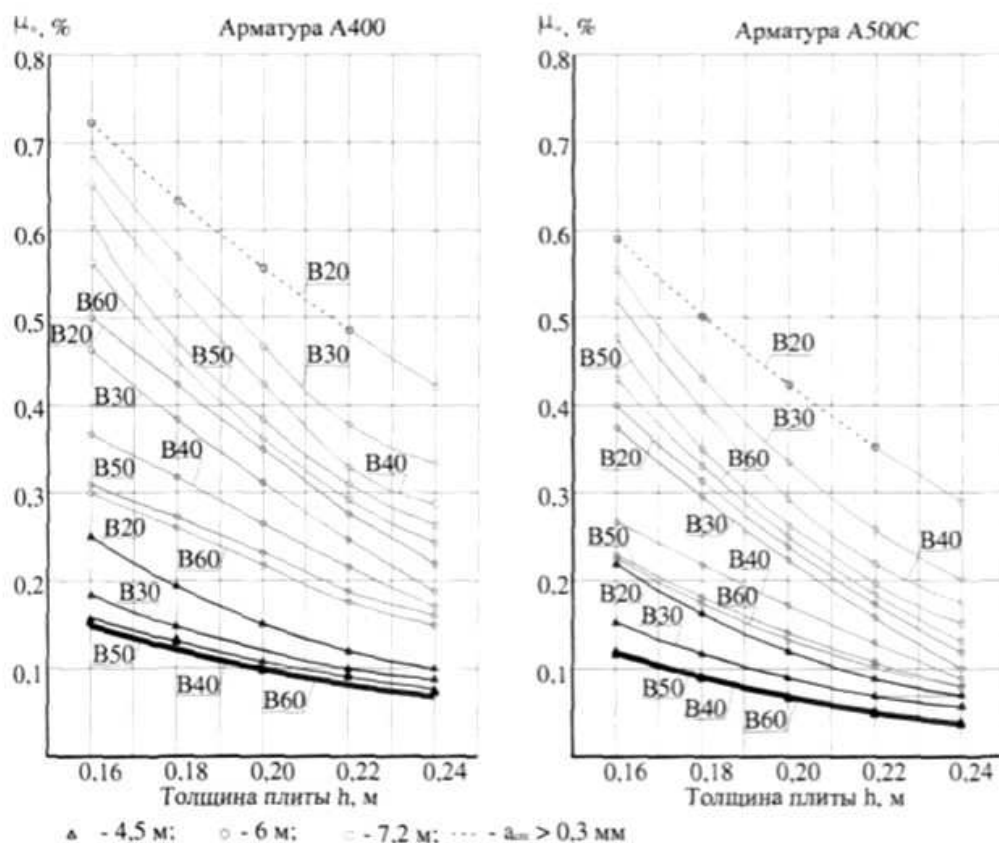


Рисунок 5-Зависимости процента армирования от толщины плиты класса прочности бетона и сетки колонн каркаса

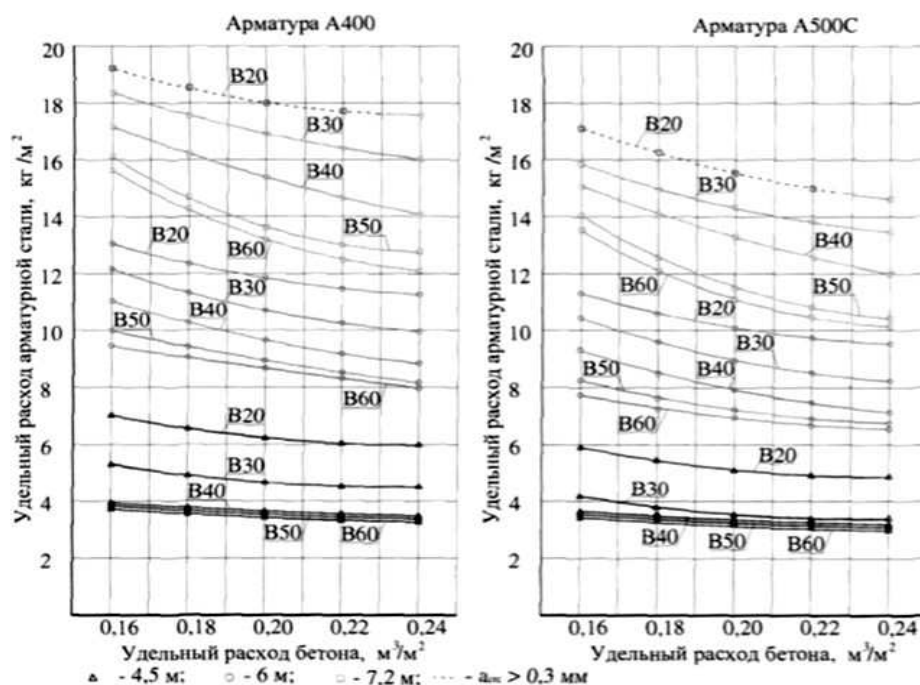


Рисунок 6- Зависимости удельных расходов бетона и арматуры от толщины плиты перекрытия

Проведенные расчеты А.С.Салова подтвердились правильностью положений о границах и критериях (областях) снижения материалоемкости

(расходов арматуры и бетона) изгибаемых элементов безригельного каркаса. [7]

Основной областью применения высокопрочных бетонов являются многоэтажное и высотное строительство. В данной работе рассматривается плиты перекрытия из бетона с микрокремнеземом В25-В40. Микрокремнезем (далее МКЗ) представляет собой ультрадисперсный материал, улавливаемый рукавными фильтрами газоочистных установок, ферросплавного производства. Основным компонентом ультрадисперсных отходов является диоксид кремния аморфной модификации SiO_2 . [53,54,55,56,57]

1.2 Особенности применения модифицированных бетонов в строительстве

Основными двигателями технического прогресса в технологии бетона всегда являлись две ключевые задачи: получение прочного и долговечного бетона и снижение трудовых и энергетических затрат при его производстве. Долгое время не удавалось найти совместного решения этих кажущихся противоречивыми задач [106,108,117,119,120]. С одной стороны производство прочных и долговечных бетонов было сопряжено с интенсивными механическими воздействиями на бетонную смесь, что неизбежно увеличивало затраты. С другой стороны получение высокоподвижных бетонных смесей происходило, главным образом, за счет увеличения расхода воды, что в свою очередь приводило к снижению прочности бетона. С появлением суперпластификаторов (СП) в середине 70-х годов в значительной степени были решены одновременно обе задачи. Как известно, формирование высокопрочной и плотной структуры цементного камня и бетона возможно путем введения в цементную систему дисперсных и ультрадисперсных материалов, содержащих преимущественно аморфный диоксид кремния [102,115,116,120].

Переход от сборного к монолитному строительству предъявляет новые требования к качеству бетонных смесей и бетонов на всех этапах этого процесса.

Для повышения технологической обеспеченности проектных решений применяются бетоны нового поколения с высокими технологическими и эксплуатационными свойствами, с гарантированными показателями качества, которым отводится важная роль в сложных инженерных сооружениях XXI века [119].

За десятилетия благодаря появлению новых эффективных химических добавок и использованию эффекта изменения свойств минеральных материалов (компонентов бетона) при особо тонком измельчении, то есть при применении их в высокодисперсном состоянии, появилась возможность коренным образом изменять свойства бетона. Целенаправленное сочетание водоредуцирующих химических добавок, в частности суперпластификаторов, и например, высокодисперсных кремнеземосодержащих материалов позволяет получить бетоны высокой прочности и долговечности на обычных цементах. Такие бетоны востребованы практикой современного строительства и предназначены для возведения специальных и уникальных сооружений [107,115,119,125,126]. Это стимулирует особенный в последнее время интерес к проблеме использования высокодисперсных минеральных материалов в технологии бетона. Из фундаментальных положений физико-химии следует, что высокодисперсные материалы с размерами частиц менее 1 мкм (по устоявшейся терминологии это – тонкодисперсные или ультрадисперсные материалы) обладают рядом свойств, в основе которых лежат молекулярные процессы и явления в поверхностном слое твердой частицы [16,25,108,109,110]

Сегодня концепцию бетонов с высокими эксплуатационными свойствами можно изложить следующим образом:

а) доступная технология производства бетонных смесей и бетонов с широким диапазоном свойств, основанная на использовании сложившейся производственной базы и традиционных материалов; б) высокие физико-технические характеристики бетонов — высокая прочность, низкая проницаемость для воды и газов, низкая усадка и ползучесть, повышенная коррозионная стойкость и долговечность, т.е. свойства, сочетание которых или преобладание одного - из которых обеспечивает высокую надежность конструкций при любых условиях эксплуатации.

Реализация концепции таких бетонов оказалась возможной, прежде всего благодаря появлению на отечественном строительном рынке органоминеральных модификаторов серии «МБ». Повышенная плотность модификаторов делает их более технологичными и транспортабельными добавками, что существенно снижает соответствующие затраты у производителей бетонов. Указанные достоинства модификаторов позволили за короткий срок организовать в России массовое производство бетонов нового поколения - высокой прочности, низкой проницаемости, повышенной коррозионной стойкости и морозостойкости. Достаточно отметить, что за последние 10 лет в Российской Федерации возведено более 750 тыс. м³ железобетонных конструкций, из которых: 50 тыс. м - из высокопрочного бетона классов В50 - В60 и выше; 250 тыс. м - из бетонов высокой плотности и коррозионной стойкости; 450 тыс. м - из бетонов классов В30 - В45 с решением разных технологических задач: обеспечение низкой экзотермии, связности-нерасслаиваемости высокоподвижных бетонных смесей, обеспечение высокой ранней прочности бетона без тепловой обработки и др.

Добавки природного происхождения, полученные при помоле вулканических (туфы, пемзы, трассы, пеплы) и осадочных (трепелы, опоки, диатомиты, глиежи) пород, используются преимущественно при производстве цемента. Содержащие в своем составе, в основном, аморфный кремнезем и обладающие пуццолановой активностью они представляют собой по-существу активные микронаполнители, которые позволяют

частично замещать клинкерную массу, не снижая активности цемента, а также придавать цементу особые свойства, сокращая при этом его стоимость [85,88,107].

История применения этих добавок в технологии вяжущих давняя и начинается с самого зарождения цементной промышленности. Поэтому мы имеем богатую научно-техническую информацию о свойствах как цементов, так и бетонов с микронаполнителями природного происхождения. К этой категории минеральных добавок можно отнести и природные материалы, не содержащие аморфного кремнезема: тонкомолотые кварцевые пески и особенно известняки, которые состоят, в основном, из кальцита, и доломита, с точки зрения пуццолановой активности являются «инертными» материалами, однако при определенной степени дисперсности (обычно соответствующей дисперсности цемента) становятся эффективными микронаполнителями. Сравнительно непродолжительный, примерно двадцатилетний, опыт массового применения тонкомолотых известняков в западно-европейских странах уже показал возможность решения с их помощью проблем экономии цемента или получения более прочных и плотных бетонов [182].

Кремнеземосодержащие минеральные добавки техногенного происхождения (золы уноса, гранулированные шлаки, микрокремнезем, золы от сгорания рисовой шелухи) являются отходами разных производств и имеют значительно более короткую, чем пуццоланово-активные природные микронаполнители, историю. Однако интерес к ним, стремительно растет. Этому способствуют два обстоятельства: первое – экологические проблемы и необходимость утилизации отходов, второе – возможность с их помощью сократить энергетические и материальные затраты при производстве вяжущих и бетонов [113,118,121,126].

Введение микрокремнезема взамен части цемента приводит к естественному уменьшению в составе вяжущего минералов C3A и C3S, обладающих наибольшей адсорбционной способностью. При перемешивании

тысячи реактивных сферических микрочастиц МК окружают каждое зерно цемента и заполнителя, уплотняя цементный раствор, заполняя пустоты прочными продуктами гидратации и улучшая сцепление с заполнителями.

Большая часть добавок основана на микрокремнеземе (МКЗ). Широкое распространение МКЗ в строительстве обусловлено его позитивным влиянием на свойства бетона. МКЗ приводит к улучшению следующих характеристик бетона: прочность на сжатие, прочность сцепления с другими материалами, износостойкость, морозостойкость, химическая стойкость, значительно снижается водопроницаемость [144,146,147]. С помощью микрокремнезема возможно получить прочный, долговечный материал с плотной структурой, т.е. с требуемыми физико-механическими характеристиками.

Микрокремнезем давно широко применяется во всем мире, с целью снижения расхода цемента, либо с целью улучшения свойств бетонной смеси, бетона. Впервые материал был утилизирован в Японии.

Следует отметить универсальность добавки МКЗ как дисперсии, влияющей на тиксотропные свойства системы, через изменение протяженности структурных элементов – цепочек и их перехода при контактных взаимодействиях в пространственные каркасные ячейки [144,145,147]. Это условие соответствует минимальным значениям межфазного натяжения при максимальном развитии граничных поверхностей, что предполагает существование большого числа точечных коагуляционных контактов вплоть до создания предельно наполненной системы, в которой коллективный переход к сцеплению в ближнем порядке вызывает резкое упрочнение. Такой этап гидратообразования с коллоидацией кремнеземных частиц, за счет которых формируются пространственные упаковки, приводит к самоармированию твердеющей цементной системы композита. Локализация дисперсных частиц и энергетика межчастичных связей – надежная гарантия от коррозионного и эрозионного старения бетона, развития его усадочных деформаций, повышение его прочности и

трещиностойкости, а также водонепроницаемости. В целом добавка МК является высокоэффективным модификатором структуры бетона как композиционного материала, полученного на основе наукоемкой технологии [145,146].

Батраков В.Г., Каприелов С.С., Шенфельд А.В. изучали проблему получения высокопрочных бетонов, либо бетонов средних классов, но со сниженным расходом цемента при одновременном сохранении прочностных и других показателей, остановился на микрокремнеземе (отход ферросплавных заводов), являющимся высоко-дисперсным материалом, обладающий малой плотностью и другими положительными свойствами. Однако влияние роли микрокремнезема в таких материалах как полимеры с применением цемента не были изучены и потребовали проведения специальных исследований [105,115].

Каприеловым С.С. с Шенфельд А.В изучены составы и эффективность кремнезёмов Новокузнецкого, Братского, Актюбинского, Челябинского и других ферросплавных заводов (таблицы 2 и 3)

Таблица 2 – Количественный состав микрокремнезёмов разных марок

микро- маркировка	Наименование и маркировка сплавов	Содержание компонентов, %											
		SiO2	Fe2O3	Al2O3	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	SiC	Cr2O3	MnO	п.п.п.
Бкр	Кристаллический кремний марок Кр- 1, Кр-2 (г. Братск)	97	1,4	0,5	1,2	-	-	-	4,2	-	-	-	2,0
Нфс	Ферросилиций марок ФС-90, СФ- 75 (г. Новокузнецк)	90,1	2,0	1,7	2,3	0,8	1,9	0,6	-	-	-	-	1,6
Чфс	То же, марок ФС-75, ФС-65 (г. Челябинск)	89,2	0,4	1,7	2,1	1,7	1,4	0,5	-	-	-	-	1,8

Ефс	То же, марок ФС-65, ФС-45 (г.Ермак)	70,1	3,4	2,0	11, 4	0,1	0,9	0,4	-	-	-	11, 7
Афс х	Ферро-силикохром марки ФСХ-40 (г. Актюбинск)	66,1	2,2	1,3	0,4	14, 6	-	-	-	2,2	-	2,0
Афх	Ферро-хром марки ФХ-800 (г. Актюбинск)	16,0	1,8	6,6	0,5	38, 3	-	-	-	22, 2	-	2,0
Зсм	Силико-маргонек марки СМн-20 (г. Зестафони)	33,8	2,3	3,9	4,6	4,0	2,4	3,4	-	-	39, 1	1,6
Зу	Зола-унос Рефтинской ТЭС (г. Асбест)	59,9	5,5	30, 5	0,2	1,0	0,6	0,1	-	-	-	1,9
Т	Трепел (г.Брянск)	51,5	1,5	4,4	21, 9	0,2	1,1	0,7	-	-	-	18, 4

Таблица 3 – Характеристики микрокремнезема разных марок

Обозначения микронаполнителей	Содержание SiO ₂ , %		Удельная поверхность, м ² /г		Средний размер частиц, мкм	Гидравлическая активность, СаО мг/г		Насыпная масса, т/м ³	Эффективная плотность, т/м ³	Водопоглощаемость, %
	в сплавах	в отходах	по отсорбции азота	по проникинению ртути		850°С	200°С			
Бкр	97-98	92/92	25,0	23,9	0,20	102	518	0,15	2,16	42
Нфс	74-98	90/90	20,2	24,5	0,25	102	500	0,26	2,22	40
Чфс	63-80	89/89	24,6	23,6	0,30	104	380	0,24	2,20	61
Ефс	41-68	70/70	44,9	37,9	0,17	101	480	0,16	2,07	137
Афсх	37-45	66/60	18,5	21,3	0,25	103	450	0,26	2,84	40
Афх	2	16/10	6,3	9,5	0,43	15	46	0,42	3,10	44
Зсм	20-26	34/31	4,9	5,5	0,70	25	150	0,62	3,03	33

Исследование систем в виде смеси цемента и микрокремнезема различных по химико-минералогическому составу МКЗ, полученных конденсацией из газовой фазы (см. таблица 4), позволяют выявить общие закономерности структурообразования цементного камня. Процесс формирования структуры цементного камня может быть условно разделен на две стадии: первую, когда система находится в пластическом состоянии, что предопределено наличием обратимых коагуляционных контактов (с момента приготовления до конца схватывания), и вторую, когда система обретает достаточную структурную прочность, что предопределяется наличием необратимых фазовых контактов (с момента конца схватывания на весь последующий период существования системы).

На первой стадии вокруг частиц твердой фазы в суспензиях образуются адсорбционно-сольватные слои воды, толщина которых зависит от дисперсности частиц. Это адсорбционно связанная вода, которая находится в поле поверхностных сил и может рассматриваться как полимолекулярный смачивающий слой, способный создавать «расклинивающее давление».

Вышеприведенные данные позволяют определить закономерность формирования структуры цементного камня и регулировать его свойства; в том числе прочность, плотность, морозостойкость, водонепроницаемость и другие. Бетонные смеси с МКЗ обладают ярко выраженными тиксотропными свойствами. Это проявляется в повышенной удобоукладываемости малоподвижных смесей.

Введение в состав бетонных смесей МКЗ при неизменном расходе цемента позволяет получить прирост прочности бетонов от 40 до 70%. Положительное влияние добавки МКЗ на прочностные свойства бетонов может быть использованы для значительного снижения расходов цемента.

Проектирование конструкций многоэтажных зданий (высотных, большепролетных) базируется на создание бетонов нового поколения, на дальнейшем развитии теории твердения многокомпонентных систем, позволяющих создавать прочный, морозостойкий, водонепроницаемый и

долговечный бетон. Важнейшей задачей строительной индустрии является дальнейшее развитие тесного сбалансированного сотрудничества ученых и производителей.

2 Подбор состава бетонной смеси с применением микрокремнезема с привязкой к местным материалам Республики Хакасия

2.1 Изучение процесса структурообразования в цементных системах с микрокремнеземом

При изучении получения высокопрочных бетонов остановились на микрокремнеземе (отходе ферросплавных заводов), являющейся высокодисперсным материалом, обладающий малой плотностью среди большого количества химических и минеральных добавок модификаторов, различного назначения, позволяющих эффективно решать актуальные технико-экономические показатели железобетонных конструкций.

Батраков В.Г., Каприелов С.С., Шенфельд А.В., Баженов Ю.М., изучали проблему получение бетонов со сниженным расходом цемента и микрокремнеземом, с изучением физико-механических свойств [101,102,103,104,105,115,117,118,119,120].

Микрокремнезем представляет собой ультрадисперсный материал, улавливаемый рукавными фильтрами газоочистных установок ферросплавного производства. Основным компонентом ультрадисперсных отходов является диоксид кремния аморфной модификации SiO_2 .

Проведены исследования о влиянии микрокремнезема на цементный камень [103,104,105]. Кремнезем, являясь отходом ферросплавных производств, получаемым при газоочистке печей, содержит в качестве основного компонента диоксид кремния аморфной модификации SiO_2 . Средняя плотность частиц микрокремнезема 2,1 - 2,3 г/см³ (цемента 3,1 г/см³), насыпная плотность 0,15-0,20 г/см³, размер зерна - менее 0,1 мкм (в 50

раз меньше размера частиц цемента), удельная поверхность 200000-250000 см²/г (цемента около 4600 см²/г). Содержание оксида кремния в микрокремнеземе достигает 90,7% а иногда до 96%. Среди других составляющих преобладают оксиды кальция, магния и железа.

Важно учитывать комплекс факторов и показателей, которые отражаются на технологических и технических характеристиках цементного камня: на водопотребности, прочности, расходе СП (суперпластификатора), т.к. микрокремнезем за счет своей большой удельной поверхности - водопотребен, чтобы снизить расход воды, т.е. наличие воды не в лучшую сторону влияет на качество бетонов, вводят суперпластификатор, цемента микронаполнителей. Оценку эффективности микрокремнезема проводилась по эмпирической формуле [115] (рисунок 7).

$$K_3 = \frac{R_i}{\sqrt{100 \cdot [C_i + 32(C_i + C_k)]}} \quad (2.1)$$

где R_i - прочность бетона в образцах с микронаполнителями относительно прочности контрольного образца с СП-1, %;

C_i - расход цемента в образцах с микронаполнителями относительно расхода цемента в контрольном образце с СП-1, %;

32 – коэффициент снижения расхода цемента при введении СП-1, определяемый по формуле [104,105]:

$$K_{Ц} = 100 \frac{C_0 - C_k}{C_0 C_k}, \quad (2.2)$$

где C_0 , C_k – расход цемента в контрольных образцах, соответственно, без добавки и с СП-1, кг;

C_k – дозировка СП-1 в контрольном образце, равная 0,5%;

C_o - дозировка СП-1, необходимая для придания смесям с микронаполнителями подвижности, равной контрольным образцам, %.

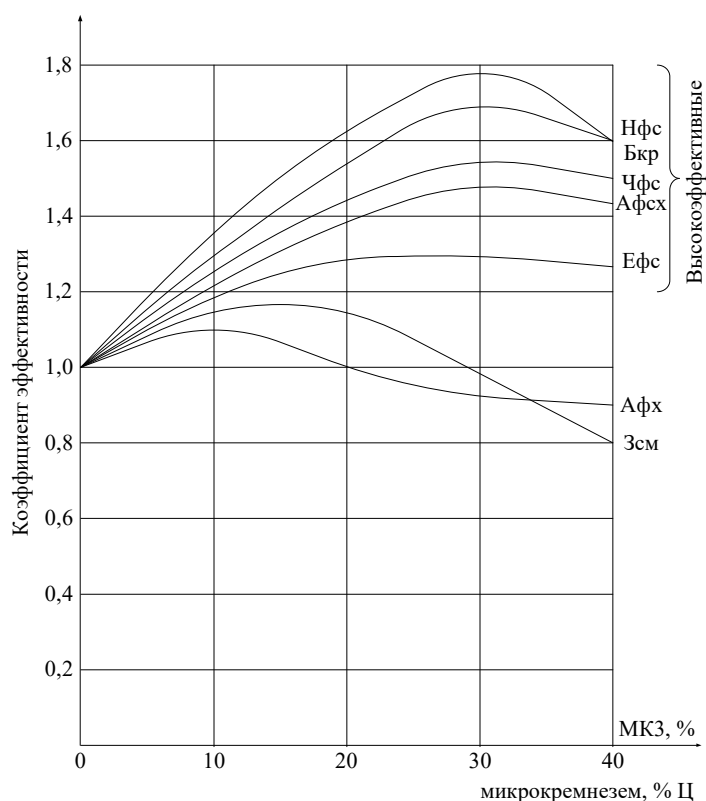


Рисунок 7 - Нфс - ферросилиций, г. Новокузнецк; Бкр - кристаллический кремний, г. Братск; Чфс - ферросилиций, г. Челябинск; Афсх - ферросилиций, г. Актюбинск; Ефс - ферросилиций, г. Ермак; Афх - феррохром, г. Актюбинск; Зсм - силикомарганец, г. Зесафани

Для оценки величины прироста прочности в возрасте 28 сут. предложена эмпирическая формула (3), которая позволяет определить этот параметр в зависимости от дозировки микрокремнезема, его пуццолановой активности, степени гидратации и капиллярной пористости системы [84,85]. Формула, являющаяся достаточно точной при разных дозировках кремнезема от массы цемента, выведена на основании ряда предпосылок:

- величина пуццолановой активности кремнезема зависит от содержания аморфного SiO_2 .
- изменение плотности структуры цементного камня при введении кремнезема связано с объемом гелевых и капиллярных пор и в меньшей степени с объемом макропор (технологических).

- гелевая пористость определяется степенью гидратации и количеством CSH(I) в цементном камне, на которое влияет соотношение $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$. Капиллярная пористость определяется водоцементным отношением, степенью гидратации и содержанием кремнезема МКЗ [115,116].

$$R = K \left(\frac{S}{\text{СИ}} \right)^2 \left(\frac{B - 0,5 \cdot \alpha \cdot Ц}{10 \cdot C} \right)^2, \quad (2.3)$$

где K – коэффициент, учитывающий разницу молекулярных масс SiO_2 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$;

S – абсолютное содержание SiO_2 в составе смешенного вяжущего, %;

СИ – содержание портландцемента в цементном камне без кремнезема принимается равным 15%;

α – степень гидратации портландцемента, %;

C – дозировка кремнезема МКЗ, % Ц.

Вышеприведенные данные позволяют определить закономерность формирования структуры цементного камня и регулировать его свойства; в том числе прочность, плотность, морозостойкость, водонепроницаемость и другие. Они позволяют определить рациональные составы тяжелого бетона разных классов, исследования по подбору которых, изложены ниже.

2.2 Подбор рациональных составов высокопрочных бетонов средних и низких классов на цементах М 400- 500 с тепловой обработкой и в естественных условиях

Для проведения экспериментальных исследований использовали следующие исходные материалы: портландцемент М-400, М-500 по ГОСТ 10178-85-2003 Топкинский, г. Кемерово; песок с карьера Шунеры с модулем 2,37- в нем мелкого гравия 4,5% по ГОСТ 8736-25; щебень фракции 5-20 ООО «Боградский ДОК» по ГОСТ 2869.0-97; микрокремнезем МК-85

неуплотненное и микрокремнезем МКУ-85 уплотненный по ТУ 5743-048-02495332-96 производство ОАО «Кузнецкие ферросплавы» сертификат 12851; суперпластификатор «Полипласт СП-1» по ТУ 5870-005-58042865-05 плотностью $\rho=1.049$; вода по ГОСТ 23732.

Составы бетонных смесей (контрольные) определялись из утвержденной руководителем таблицы рабочих составов М200, М300, М350. Составы с микрокремнеземом определялись расчетно-экспериментальным путем для опытных замесов с целью определить на дальнейшую работу в строительстве – рабочих составов [159].

Химический состав предопределен номенклатурой ферросплавов, выплавленных в печах. Согласно сертификата №12851 в таблице 4 приведены составы отходов микрокремнезема конденсированного уплотненного по ТУ 5743-048-0245332-9.

Таблица 4 - Химический состав МКЗ

SiO ₂	П.П.П.	H ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	SO ₃	Пл. насып	Уд. Поверх частиц.
%	%	%	%	%	%	%	т/м ³	м ² /г
90	2,5	0,26	1,26	1,85	0,44	0,7	0,4-0,6	15

Таблица 5 - Разработанные, заформованные составы бетонных смесей и их прочностей.

Наименование материалов	Ед. изм.	Классы бетона						
		B35	B30	B25	B22,5	B20	B15	B50
Цемент	кг/м ³	500	450	390	330	310	305	-
		275	250	230	200	180	165	355
Микрокремнезём	кг/м ³	-	-	-	-	-	-	-
		55	50	45	40	35	30	70
Песок	кг/м ³	640	750	820	870	890	770	-
		885	915	940	905	880	860	805
Щебень фр.5-20мм	кг/м ³	1140	1110	1060	1070	1100	1195	-
		1065	1060	1065	1125	1135	1140	1110

Вода	кг/м ³	185	180	180	180	180	200	-
		190	205	200	190	200	205	160
Добавка СП-1:	% от веса цемента	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,2	-
		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
Плотность бетонной смеси	кг/м ³	2,47	2,49	2,45	2,45	2,48	2,47	-
		2,47	2,48	2,48	2,46	2,43	2,40	2,50
ОК сразу/ 10 мин.	См	10÷15	10÷15	5÷9	5÷9	5÷9	5÷9	-
		10÷15	10÷15	5÷9	5÷9	5÷9	5÷9	10÷15
В/Ц		0,37	0,40	0,47	0,55	0,58	0,66	-
		0,58	0,68	0,73	0,79	0,93	1,05	0,38
Весовая доля песка		0,36	0,40	0,44	0,45	0,45	0,39	-
		0,45	0,46	0,47	0,45	0,44	0,43	0,42
R5 ТВО	Мпа	41,9	30,5	34,7	28,6	23,2	21,4	55,9
R28 ТВО	Мпа	48,9	30,3	35,0	28,9	26,8	24,1	60,1

Все образцы прошедшие ТВО, были взвешены, замерены, испытаны на прессе Минприбор ПТО «Точмашприбор завод испытательных машин» Тип П-125.

Изучалась подвижность бетонной смеси для производства разных конструкций. (Рисунок 8,9).



Рисунок 8 - а - Изучение подвижности бетонной смеси по осадке конуса;



Рисунок 9 - Хранение образцов для определения прочности в возрасте 28 для применения в монолитном домостроении

Водопотребность микрокремнезема выше, чем у цемента. МКЗ может применяться как в сухом виде, так и в виде водной пульпы. Для снижения водопотребности смеси в этом случае применялся суперпластификатор СП1 в виде водного раствора плотностью $1,049 \text{ г/см}^3$.

Образцы изготавливались в виде куба ребрами 10 см. Бетонная смесь подверглась вибрированию. Бетонные смеси с МКЗ менее подвержены расслоению, особенно в присутствии пластификатора. Однако при применении долговременной вибрации такие бетоны могут расслаиваться, в особенности при большой подвижности.

Так как МКЗ существенно сокращает водоотделение, возникает риск пластической усадки, который усиливается при испарении воды. Этот процесс может продолжаться до начала схватывания бетонной смеси. Для уменьшения усадочных трещин при пластической усадке необходимо использовать различные покрытия бетона, предотвращающие быстрое испарение воды. Напротив трещинообразование бетонов с МКЗ меньше, чем у обычных бетонов.

Деформационные свойства бетонов (усадка, ползучесть) при замене до 25% цемента микрокремнеземом не ухудшаются.

Исследовано поведение арматурной стали: при дозировках микрокремнезема до 20% от массы цемента в бетонах на портландцементе в случае не агрессивности воды-среды обеспечивается пассивное состояние арматуры. Использование до 20% микрокремнезема позволяет получать особо плотные бетоны, что обеспечивает надежную защиту арматуры при эксплуатации конструкций при относительной влажности газовой среды до 75%.

Низкая проницаемость и повышенная плотность цементного камня обеспечивает прекрасную морозостойкость бетона с микрокремнеземом. Не существует несовместимости его с воздухововлекающими добавками, в действительности стабильная реологическая структура пластичного бетона с МКЗ уменьшает потерю вовлеченного воздуха при транспортировке и вибрировании.

При изучении влияния микрокремнезема разных дозировок на ряд свойств цементного теста были рассмотрены такие его показатели как густота, сроки схватывания, кинетика нарастания пластической прочности и др. Введение различных количеств микрокремнезема сопровождается увеличением нормальной густоты цементного теста, причем тем в большей степени, чем выше его дозировка в таблице 6.

Таблица 6 - Оптимальное введение микрокремнезема в бетонную смесь

№	Количество кремнезема	Нормальная густота, %
1	0	26,25
2	10	28,50
3	20	34,50
4	30	38,75
5	40	45,66

Увеличение содержания микрокремнезема приводит к сокращению сроков начала схватывания и нарастания его пластической прочности.

Введение в состав вяжущего кремнезема (без суперпластификатора СП-1) приводит к удлинению сроков начала и конца схватывания по сравнению с цементным тестом без добавки. Этот факт является следствием увеличения нормальной густоты цементного теста. Исключение составило лишь цементное тесто с 40% кремнезема Кузнецкого завода, время начала схватывания которого оказалось практически равным эталону (цементному тесту без добавки). Время начала схватывания цементных паст, в состав которых введен кремнезем, находится примерно на одном и том же уровне. Конец же схватывания удлиняется по мере увеличения дозировки кремнезема до 30%, а затем, при дозировке кремнезема 40 %, несколько сокращается.

Сроки схватывания цементного теста являются косвенной характеристикой протекающих процессов первоначального структурообразования в нем. В рассматриваемых цементных системах процесс структурообразования протекает наиболее интенсивно в случае применения 40 % кремнезема.

Введение в состав цементных паст суперпластификатора СП-1 изменяет картину, причем неоднозначно. Совместное применение суперпластификата и кремнезема Кузнецкого завода во всех исследованиях дозировка приводит к сокращению сроков начала и конца схватывания по сравнению с цементными пастами без суперпластификатора СП-1. Замедление (по сравнению с цементной пастой без суперпластификатора) начала и конца схватывания имеют место только при дозировке кремнезема 40%. Более низкие значения (10,20 и 30%) кремнезема либо ускоряют процесс схватывания, либо оставляют его на уровне эталона рисунок 9.

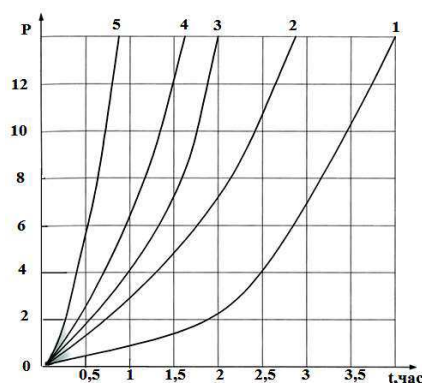


Рисунок 10 - Влияние кремнезема на кинетику нарастания пластической прочности цементного теста: 1- цемент без добавок; 2- цемент + 10% МКЗ + 0,2% СП-1; 3- цемент + 20% МКЗ + 0,3% СП-1; 4- цемент + 30% МКЗ + 0,5% СП-1; 5- цемент + 40% МКЗ + 0,8% СП-1.

Полученные результаты свидетельствуют о более высокой эффективности микрокремнезема.

По мере увеличения дозировки микрокремнезема сокращаются сроки набора пластической прочности цементного теста, следовательно, быстрее появляются центры кристаллизации, способствующие ускорению процесса твердения цементной матрицы. Наряду с ускорением кинетических процессов схватывания и экономии цемента в этом случае имеет место существенный прирост прочности цементной матрицы композита в зависимости от содержания микрокремнезема в цементном тесте.

Применение кремнезема и суперпластификатора СП-1 является эффективным средством экономии цемента в композитах, изготовленных как с низким, так и с высоким его расходом. Кроме того, полученные результаты свидетельствуют о том, что наряду со значительной экономией цемента имеет место существенный прирост прочности материала, что открывает определенные возможности для получения высокопрочных бетонов.

На рисунке 11 б приведены результаты определения СаО в образцах цементного камня в зависимости от условий твердения и дозировки МКЗ.

Изучалась водопотребность цементных суспензий в зависимости от дозировках МКЗ рисунок 11 а.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что микрокремнезем уникальная добавка в бетон, которая позволяет на низких расходах цемента получить высокие классы бетона, сократить ТВО на 3-4 часа, повысить морозостойкость, водонепроницаемость, получить высокпрочные бетоны с отпускной прочностью 30 МПа в течение 24 часов повысить сульфатостойкость на обычном порландцементе улучшить связность литых бетонных смесей, а самое главное, изготовить как в заводских условиях, так и в монолитных конструкциях повышенной прочности, что очень важно, в сейсмических районах. Здание построено менее массивным, а это нагрузка на фундамент будет меньше. Вывод здесь однозначен – высокая прочность и долговечность при пониженном расходе цемента.

Результаты свидетельствуют о том, что независимо от условий твердения, по мере увеличения дозировок МКЗ количество свободной извести в образцах цементного камня сокращается. Практически при дозировке выше 30% от массы цемента, приводит к тому, что эта дозировка является порогом эффективности МКЗ.

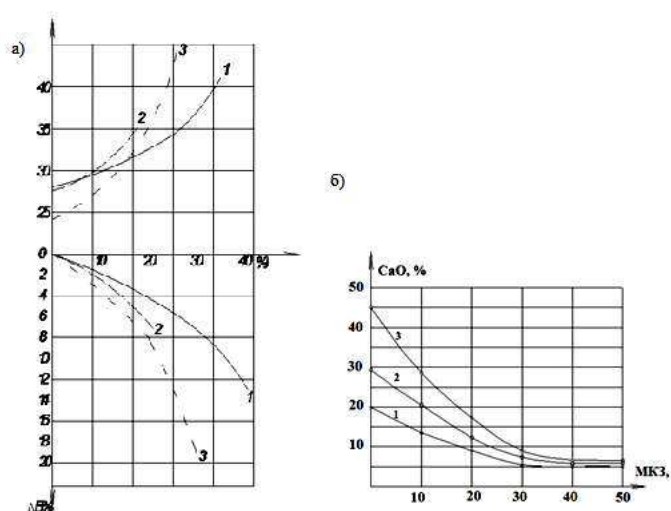


Рисунок 11 – а) Изменение водопотребности цементных суспензий в зависимости от дозировок МКЗ; б) Содержание свободной извести в образцах цементного камня с различными дозировками МКЗ

Исследовалось технология приготовления бетонов с микрокремнеземом. Методика исследований заключается в проведении экспериментальных работ по технологическим этапам приготовления бетонной смеси с микрокремнеземом: к производству бетонов высокой прочности, плотности, долговечности, а также из малоэнергоемких бетонов, требующих минимального расхода тепловой энергии и цемента.

Организации производства таких бетонов предшествовала работа по консистенции ультрадисперсных кремнеземсодержащих материалов. Как отмечалось ранее, такими материалами могут быть продукты сухой газоочистки печей – микрокремнезем неуплотненный МК-85, микрокремнезем уплотненный МКУ-85.

С целью оценки свойств бетонных смесей и определения влияния технологической последовательности приготовления смесей на свойства бетона, проводили испытания образцов, изготовленных в смесителе принудительного действия двумя способами. В первом случае в смесь цемента и СП-1 вводили заполнители, затем после предварительного перемешивания, добавляли воду с добавкой СП-1, во втором случае смесь готовили в обычной последовательности, а МКЗ вводили в бетоносмеситель в виде суспензии 40 процентной концентрации с раствором добавки СП-1 и водой (время живучести суспензии трое суток согласно ТУ). Время перемешивания отдозированных материалов 3 мин. Материалами являлись портландцементы М400-500, кварцевый песок с $M_{кр}=2,37$, гранитный щебень 5-20 мм (рисунок 12)

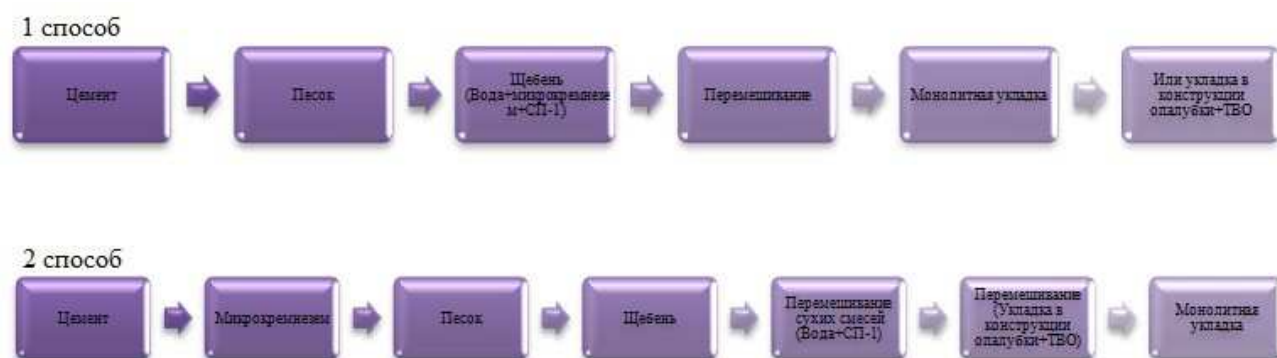


Рисунок 12 - Технологическая схема изготовления бетонов разных марок

В процессе эксперимента определяли изменение подвижности смесей во времени и зависимость удобоукладываемости, которая характеризовалась жесткостью по ГОСТ 10181.1-81, от подвижности измеряемой осадкой конуса. Прочность определяли испытанием образцов с размером ребра 10 см, твердевших в нормальных условиях и при тепловлажностной обработке, которая проводилась в двух режимах. Первый режим: 3+3+6+2 при температуре изотермы 900С, второй режим по продолжительности такой же, но с температурой изотермы 600С.

В результате эксперимента установлено, что смеси, приготовленные путем введения в смеситель МКЗ в сухом виде, через 10 минут стремительно теряют подвижность, что создает определенные неудобства при производстве работ. Это связано с кинетикой измерения водопотребности смесей до момента насыщения ультрадисперсного материала водой, который наступает в зависимости от дозировки МКЗ через 6-10 минут, после перемешивания всех компонентов бетонной смеси.

При приготовлении смесей с введением МКЗ в смеситель в виде суспензий, подвижность во времени изменяется сравнительно равномерно. Стабильность консистенции бетонных смесей во времени оказалась одним из решающих факторов, определивших выбор технологии с подачей МКЗ в смеситель в виде суспензии.

Представленные на рисунке 12 данные свидетельствуют о том, что бетонные смеси с ультрадисперсным наполнителем обладают лучшей удобоукладываемостью, то есть более ярко выраженными тиксотропными свойствами, чем обычные смеси такой же подвижности. При этом удобоукладываемость повышается с увеличением в составе смесей доли замещённого микрокремнезёмом цемента.

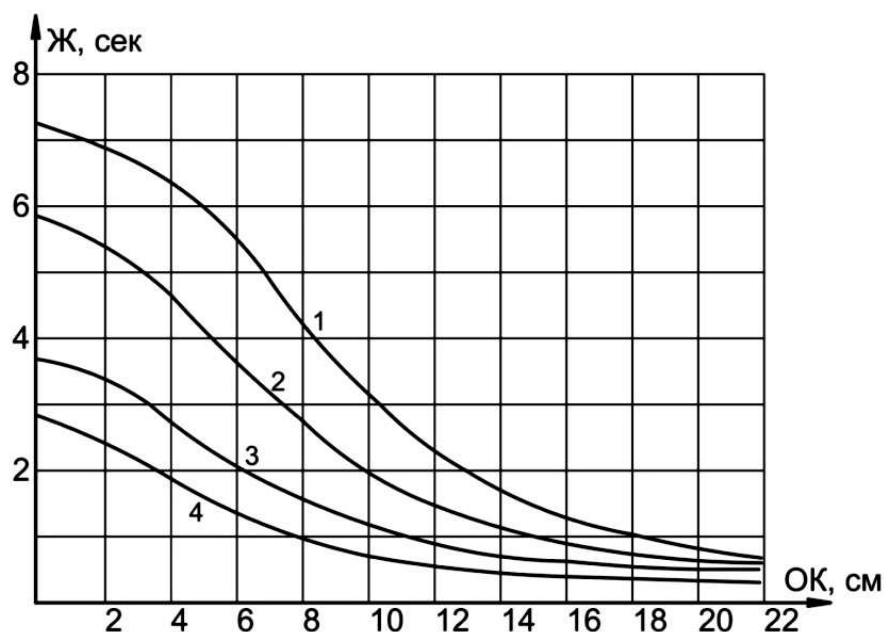


Рисунок 13 - Изменение удобоукладываемости бетонных смесей с МКЗ в зависимости от подвижности (Расход вяжущего 300 кг/м³): 1 - смеси без добавок МКЗ и СП-1; 2 - смеси без МКЗ, содержащие СП-1; 3-смеси с СП-1 и замещением 20% цемента МКЗ; 4 -то же, с замещением 30% цемента на МКЗ.

Анализируя таблицы 2, где приведены составы бетонных смесей и результаты испытаний бетонов, наибольший прирост прочности достигается при дозировках МКЗ в количестве 20-30% от массы цемента. Как видно из таблиц с использованием МКЗ возможно снижение расхода цемента до 160-180 кг/м³ для получения бетонов с прочностью на сжатие до М200 кг/см² и при расходе цемента М400 440 кг/ м³ получаем прочность на сжатие до М700 (Рисунок 14).

Условия твердения оказывают существенное влияние на прочностные свойства бетонов: при твердении в нормальных условиях интенсивное нарастание прочности происходит в период от 7 до 20 суток, при твердении в условиях ТВО, прочность увеличивается с повышением температуры изотермы до 900С.

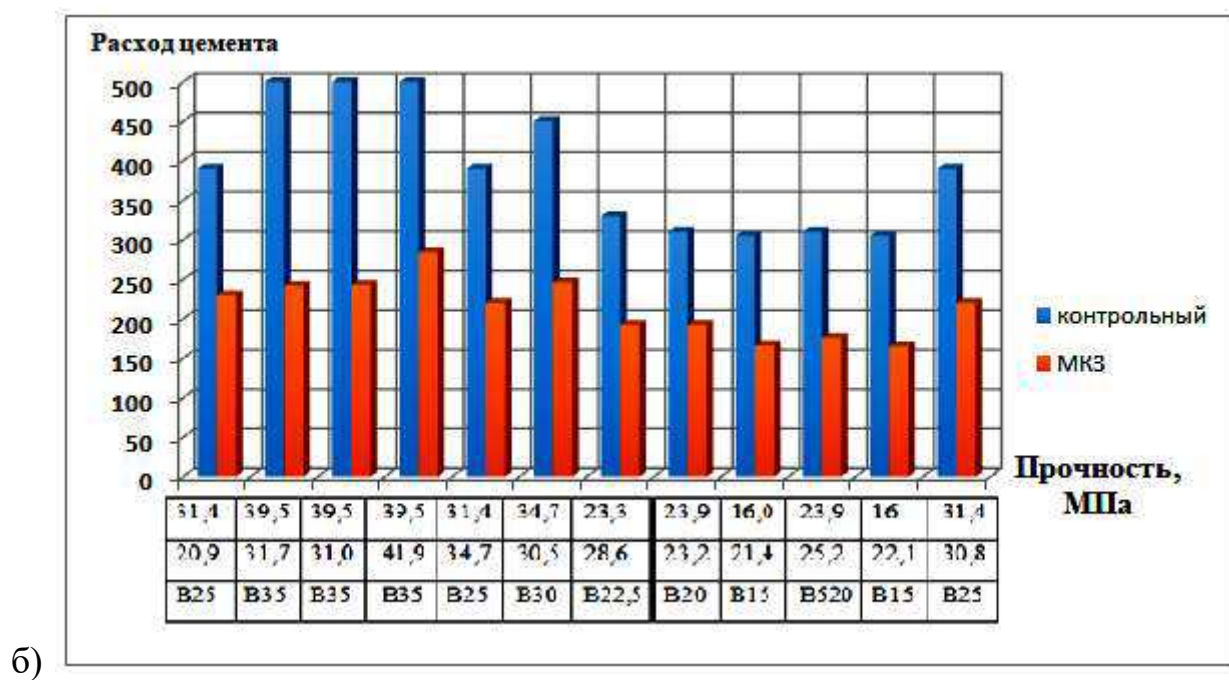


Рисунок 14 –а) диаграмма зависимости прочности от расхода цемента с микрокремнеземом

б) диаграмма зависимости прочности от расхода цемента контрольных(заводских) и с микрокремнеземом

Данные исследования подбора бетонной смеси с микрокремнеземом легли в основу статей ВАК, SCOPUS, в докладах на международной (г. Томск) и региональной (г. Красноярск и Республика Хакасия).

3 Численные исследования и анализ напряженно-деформированного состояния разработанных конструкций

3.1 Обоснование выбранного метода исследования

Цель моделирования — выбор оптимальных параметров вариантного сечения изгибаемого железобетонного элемента. Для реализации поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Разработать математический аппарат.
2. Наложить ограничения.
3. Разработать блок-схему.
4. Запрограммировать и проверить полученные данные.

В качестве основного инструмента численных исследований напряженно-деформированного состояния изгибаемых перекрытий из бетона с микрокремнеземом В25, В40, включенной в общую работу конструкции, возможно применение пакета прикладных программ «SCAD» [7,11,19,163]. Программные комплексы типа «SCAD» хорошо зарекомендовали себя в инженерной практике. Данные программы универсальны, позволяют использовать большое число типов конечных элементов, дают возможность применения нерегулярной разбивочной сетки (с локальным сгущением в местах наибольшего градиента внутренних усилий) и имеют удобную сервисную часть.

Вместе с тем, с развитием программных средств на основе численных методов очень важно разрабатывать упрощенные, экспериментально-теоретические методы расчета строительных конструкций. В этом случае целью является получение достаточно

простых формул и коэффициентов, отражающих специфику работы конструкции. Это может быть достигнуто решением ряда задач с поочередно меняющимися главными факторами, сравнением и уточнением, при необходимости, полученных данных с экспериментальными результатами, с последующей аппроксимацией результатов решений простыми, удобными в обращении формулами. В конечном счете, упомянутые формулы и коэффициенты должны обеспечивать адекватный переход от пространственной системы к плоскостной, то есть без потери при этом достоинств и особенностей пространственной работы предложенных панельных конструкций[157,158] .

Упрощенный инженерный метод расчета должен позволять в сравнительно простой форме получать и анализировать результаты. Необходимость в нем обусловлена и спецификой, например, вариантного проектирования.

3.2 Анализ эффективности сечения перекрытия в программе SCAD Office с учетом НДС из бетона с микрокремнеземом В25, В40, А400

Проведено численное исследование НДС плит перекрытия, толщина которых принята согласно рекомендациям, выполнено сопоставление основных параметров. Для первичного эксперимента испытания моделей назначены исходные данные по таблице 7.

Тип нагрузки – кратковременная; вид нагрузки – полная нагрузка на перекрытия общественных зданий; коэффициент – 1,3; нагружения от 0,15 до 1,0 Т/кв.м., с интервалом 0,5.

Таблица 7 - Исходные данные испытываемых моделей

Наименование	Модель 1	Модель 2	Модель 3	Модель 4
Сечение	160	160	140	120
Бетон	В25	В25	В40	В40

Арматура Верхнего сечения	Продольная	A400 Ø12	A400 Ø12	A400 Ø10	A400 Ø10
	Поперечная	A240 Ø12	A240 Ø12	A400 Ø10	A400 Ø10
Арматура Нижнего сечения	Продольная	A400 Ø14	A400 Ø14	A400 Ø10	A400 Ø10
	Поперечная	A240 Ø14	A240 Ø14	A400 Ø10	A400 Ø10

Модель 1 отличается от модели 2 расходом цемента: в модели 1 на 1куб. бетона класса В25 расход цемента 360 кг (типовой), в модели 2 расход цемента на 1 куб. бетона класса В25 200кг (+10% микрокремнезема), модель 3 расход цемента 231кг (+10% микрокремнезема) на 1 куб. бетона класса В40, модель 4 расходы материалов по модели 3 (глава 2).

Расчетная арматура в модели 3 и 4 согласно программе SCAD office Ø7 A400 согласно [161] в перекрытиях не рекомендуется использовать арматуру диаметром меньше 10 мм. Также перекрытия армируют сетками или отдельными стержнями в соответствии с требуемой площадью арматуры.

Таблица 8 - Модель 1. Зависимость прогибов плиты В25

T/м2	H=160
0,20	12,82
0,30	15,14
0,40	17,38
0,50	19,76
0,60	22,14
0,70	24,36
0,80	26,72
0,90	29,12
1,0	31,42

График 1. Модель 1.Зависимость прогибов плиты В25, типовой КУБ-2,5

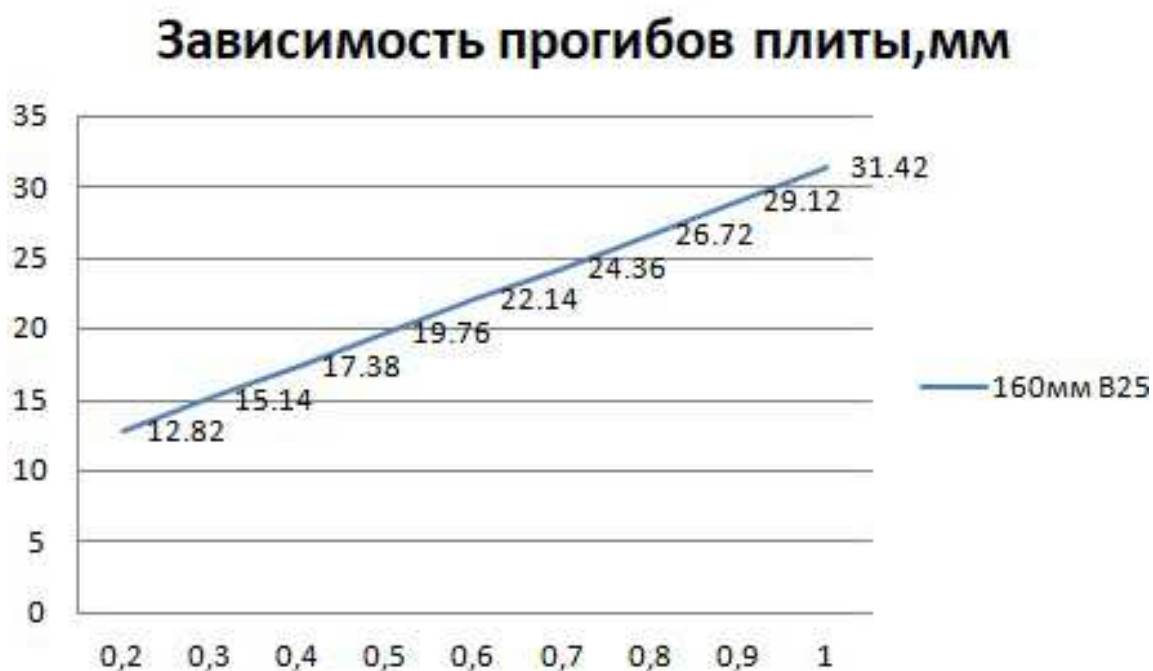


Таблица 9 - Модель 2. Зависимость прогибов плиты В25

Т/м2	Н=160
0,20	12,82
0,30	15,14
0,40	17,38
0,50	19,76
0,60	22,14
0,70	24,36
0,80	26,72
0,90	29,12
1,0	31,42

График 2. Модель 2.Зависимость прогибов плиты В25

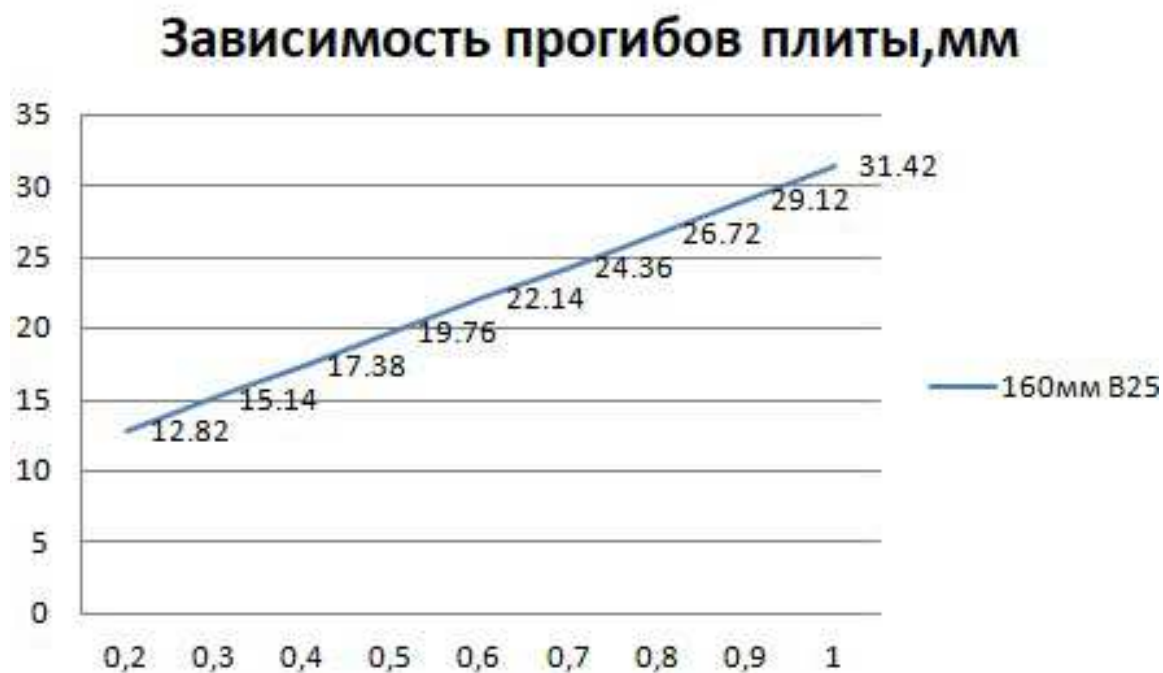


Таблица 10 - Модель 3.Зависимость прогибов плиты В40

Т/м2	Н=140
0,20	9,61
0,30	10,52
0,40	11,42
0,50	12,51
0,60	13,32
0,70	14,42
0,80	15,51
0,90	16,42
1,0	17,30

График 3. Модель 3. Зависимость прогибов плиты В40

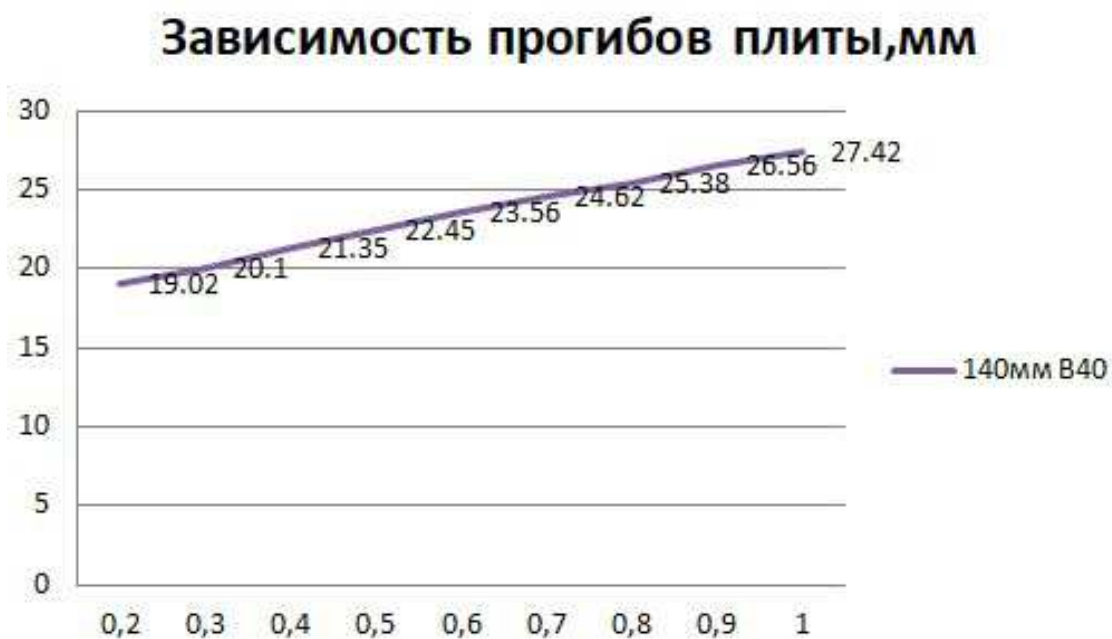


Таблица 11 - Модель 4. Зависимость прогибов плиты В40

T/m2	H=120
0,20	19,02
0,30	20,10
0,40	21,35
0,50	22,45
0,60	23,56
0,70	24,62
0,80	25,38
0,90	26,56
1,0	27.42

График 4. Модель 4. Зависимость прогибов плиты В40

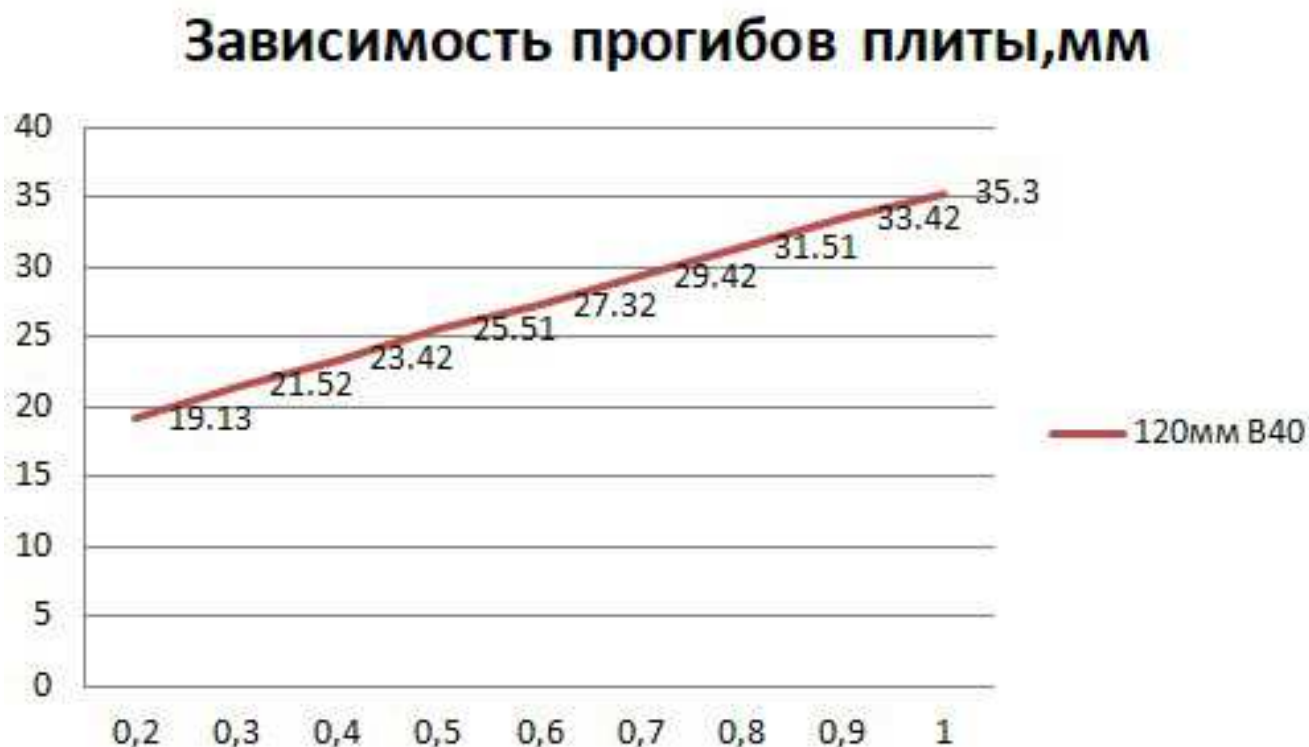
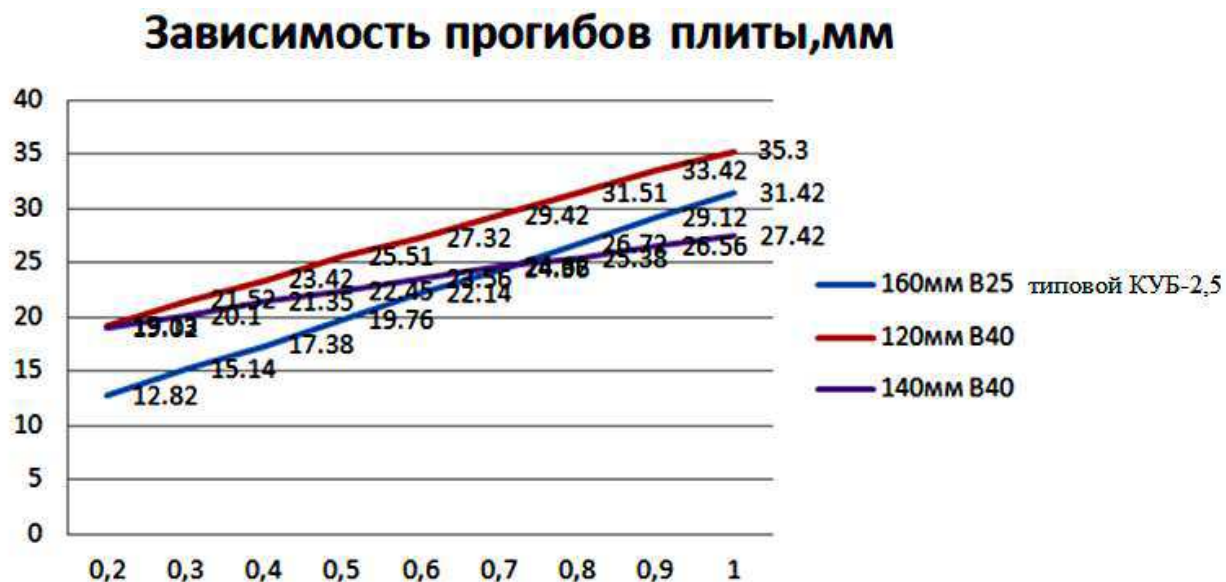


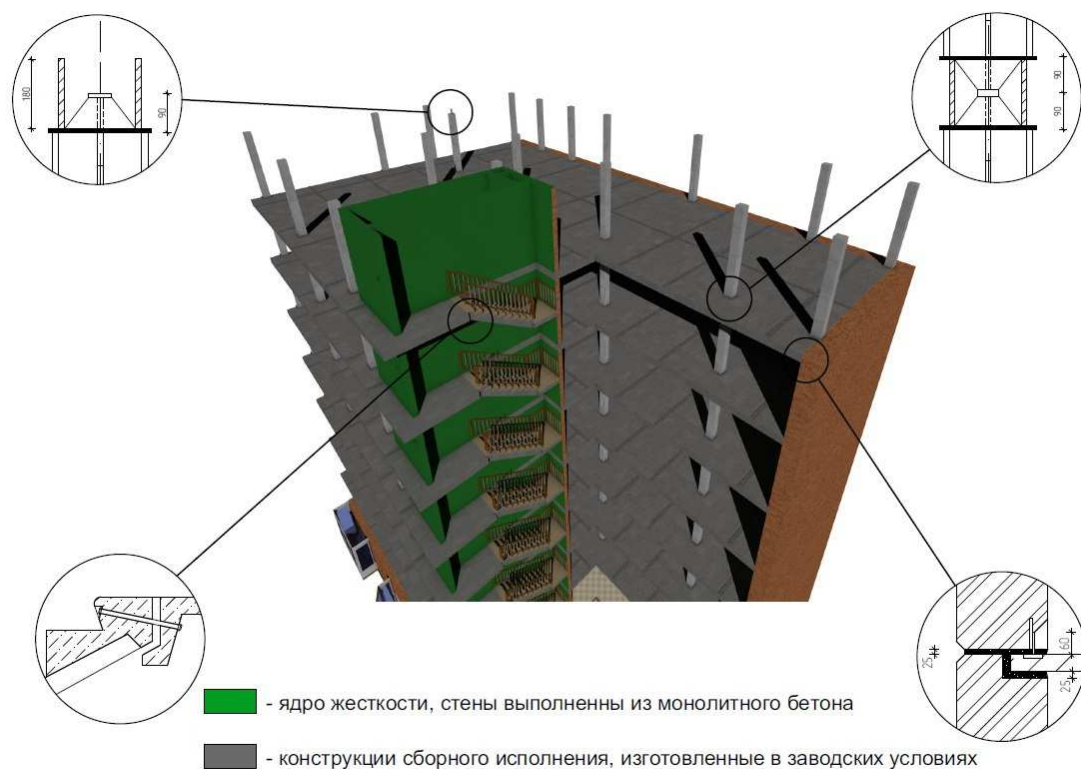
График 5. Суммарная зависимость прогибов плиты



Вывод: Согласно, расчетам программы SCAD установлено, что среднее значение прогиба у плиты перекрытия модели 1 и 2 , минимальный прогиб у

плиты перекрытия модели 3, максимальный прогиб у плиты перекрытия модели 4, но меньше допустимого согласно Таблице Д.4 пункт 2 $h/500$, где h -высота многоэтажных здания [161].

3.3 Расчет многоэтажного жилого здания в программе SCAD Office



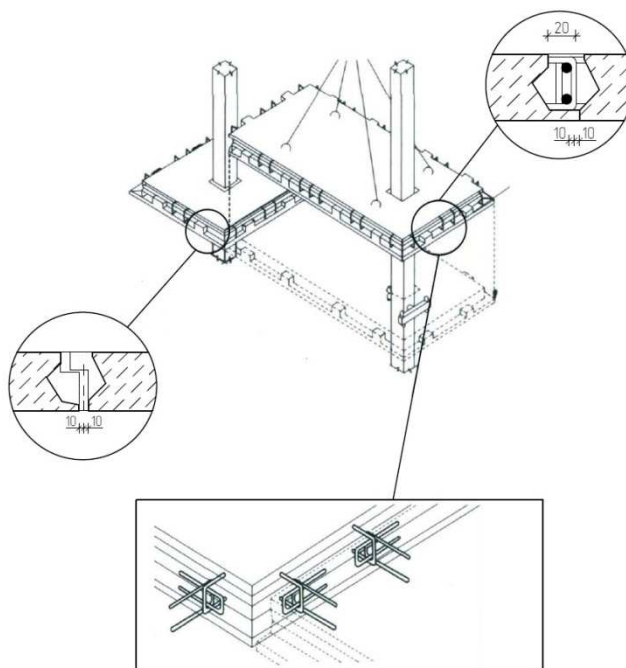


Рисунок 15 - Конструктивное решение исследуемого здания КУБ-2,5.

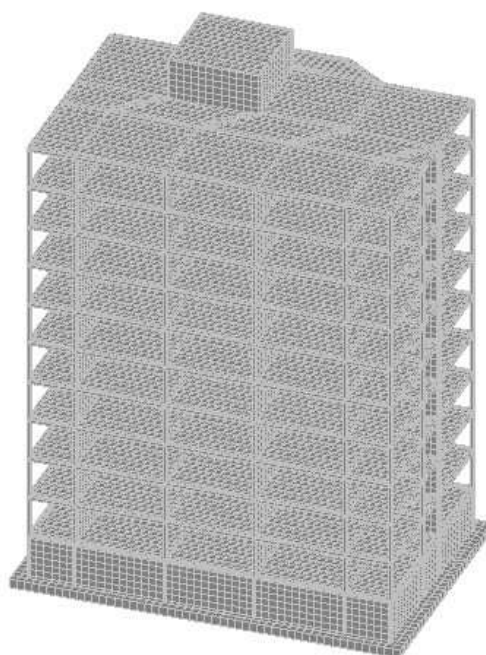


Рисунок 16 - Расчетная модель многоэтажного жилого здания в программном комплексе SCAD Office

Характеристика объекта:

- в плане имеет прямоугольную форму;

- размеры в плане одной блок секции 24х15 (м);
- количество этажей – 9-10этажей;
- тип фундаментов – свайные;
- здание каркасное;
- перекрытие и колонны заводского изготовления, монтируемые на стройплощадке (рисунок 15);
- узлы и плиты перекрытий собираются по системе КУБ-2,5 на стройплощадках и замоноличиваются (рисунок 15) [188].

3.3.1 Сбор нагрузок на перекрытие из бетона с микрокремнеземом В25, А400 при сечении перекрытия Н=160мм жилого многоэтажного здания.

Расчет многоэтажного здания

Вид Нагрузки	Нормативная нагрузка, кН/м ² $q^H = \delta \cdot \rho$	Коэффициент надёжности по нагрузке γ_f (табл. 7.1 [160])	Расчетная нагрузка, кН/м ² $q^p = q^H \cdot \gamma_f$
От покрытия			
Гидроизоляционный ковер (3 слоя)	0,15	1,3 (табл.7.1[160])	0,195
От цементно-выравнивающего слоя: $\delta = 40\text{мм}$, $\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$	0,880	1,3 (табл.7.1[160])	1,144
Керамзит по уклону, $\delta = 100\text{мм}$, $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$	0,600	1,3 (табл.7.1[160])	0,780
Минераловатные плиты $\delta = 150\text{мм}$, $\rho = 150 \text{ кг/м}^3$	0,225 0,050	1,2 (табл.7.1[160])	0,270
От пароизоляции в один слой			0,065
От железобетонной плиты $\delta = 160\text{мм}$, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$	4	1,3 (табл.7.1[160])	4,4

		1,1 (табл.7.1[160])	
Итого :	5,905		6,854
Временная: Снеговая	1,2	1,4 (п.10.12[160])	1,68
Всего от покрытия	7,105		8,534
От перекрытия			
От железобетонной плиты $\delta = 160\text{мм}, \rho = 2500 \text{ кг/м}^3$:	4	1,1 (табл.7.1[160])	4,4
От слоя цементного раствора $\delta = 30\text{мм}, \rho = 2000 \text{ кг/м}^3$:	0,660	1,3	0,858
От керамических плиток $\delta = 8\text{мм}, \rho = 1800 \text{ кг/м}^3$:	0,144	1,1 (табл.7.1[160])	0,159
Итого:	4,804		5,417
Временная P :	1,5	1,3	1,95
Всего от перекрытия:	6,304		7,367

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию определяем по формуле 10.1 [160]:

$$S_0 = 1 \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g, \quad (3.1)$$

где $S_g = 1,2$ кПа таблица 10.1[160] – величина снегового покрова зависит от района строительства г. Абакан относится к II климатической зоне по снеговому покрову Карта 1 [160];

$c_e = 1$, пункт 10.5[160] – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов;

$c_t = 1$, пункт 10.6[160] – термический коэффициент;

$\mu = 1$, при угле наклона $\alpha < 25^\circ$ приложение 3 схема 1 [160] – коэффициент перехода весового покрова к снеговой нагрузке.

$$S_0 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ кПа}$$

Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью земли определяем по формуле 11.2 [160]:

$$w_m = w_0 k(z_e) c, \quad (3.2)$$

где w_0 - нормативное значение ветрового давления, таблица 11.1 [160];

$k(z_e)$ - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e ;

c - аэродинамический коэффициент.

Определение нормативного значения пульсационной ветровой нагрузки на эквивалентной высоте:

$$w_p = w_m \cdot \zeta(z_e) \cdot V, \quad (3.3)$$

где w_m - нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки в зависимости от эквивалентной высоты над поверхностью земли;

$\zeta(z_e)$ - коэффициент пульсации давления ветра, принимаемый по т. 11.4 или формуле 11.6 [160] для эквивалентной высоты z_e п. 11.1.5;

V - коэффициент пространственной корреляции пульсации давления ветра п. 11.1.11 [160].

Нормативное значение основной ветровой нагрузки определяем, как сумму средней w_m и пульсационной w_p составляющих (формула 11.1 [160]):

$$w = w_m + w_p \quad (3.4)$$

Город Абакан относится к II району по ветровой нагрузке (Карта 2г, Приложение Е [160])

Таблица 12 – Исходные данные для расчета ветровой нагрузки

Исходные данные	
Ветровой район	II

Исходные данные	
Нормативное значение ветрового давления	0,3 кН/м ²
Тип местности	А - открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра
Тип сооружения	Вертикальные и отклоняющиеся от вертикальных не более чем на 15° поверхности

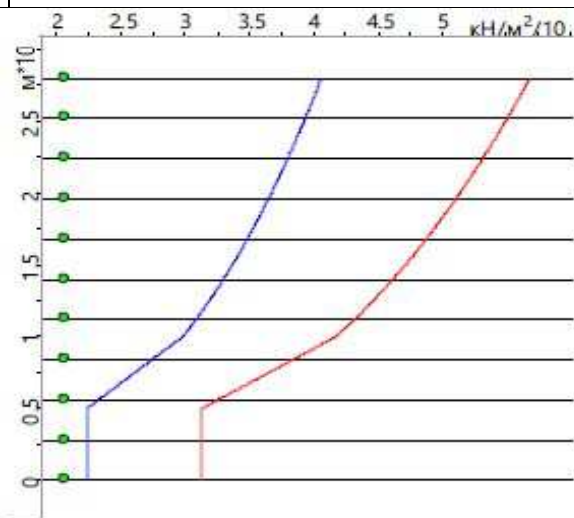
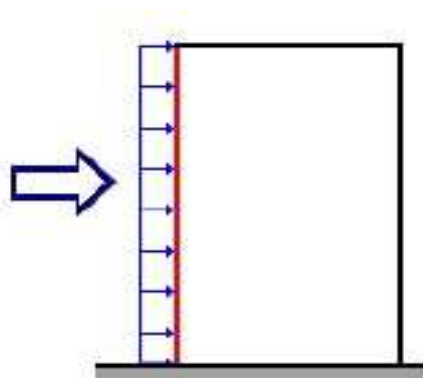


Рисунок 17 - Нагрузка наветренной стороны

Таблица 13 - Значения по высоте здания

Высота (м)	Нормативное значение (кН/м ²)	Расчетное значение (кН/м ²)
0	0,224	0,313
2,8	0,224	0,313
5,6	0,233	0,326
8,4	0,274	0,384
11,2	0,309	0,432
14,0	0,330	0,462
16,8	0,348	0,488
19,6	0,365	0,511
22,4	0,380	0,532
25,2	0,394	0,551
28,0	0,406	0,569

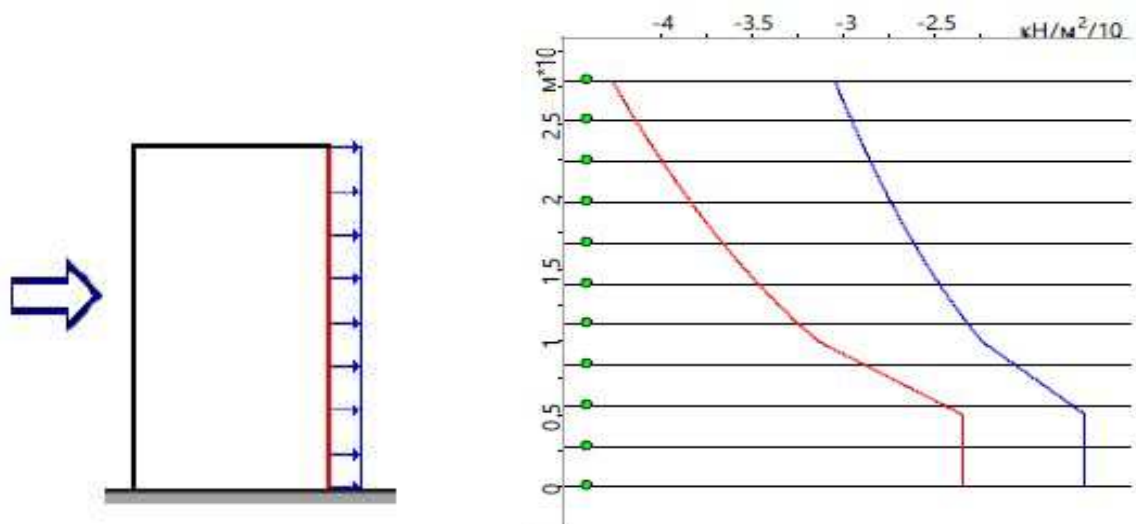


Рисунок 18 - Нагрузка подветренной стороны

Таблица 14 - Значения по высоте здания

Высота (м)	Нормативное значение (кН/м ²)	Расчетное значение (кН/м ²)
0	-0,168	-0,235
2,8	-0,168	-0,235
5,6	-0,174	-0,244
8,4	- 0,206	-0,288
11,2	-0,231	-0,324
14,0	-0,247	-0,346
16,8	-0,261	-0,366
19,6	-0,274	-0,383
22,4	-0,285	-0,399
25,2	-0,295	-0,413
28,0	-0,305	-0,426

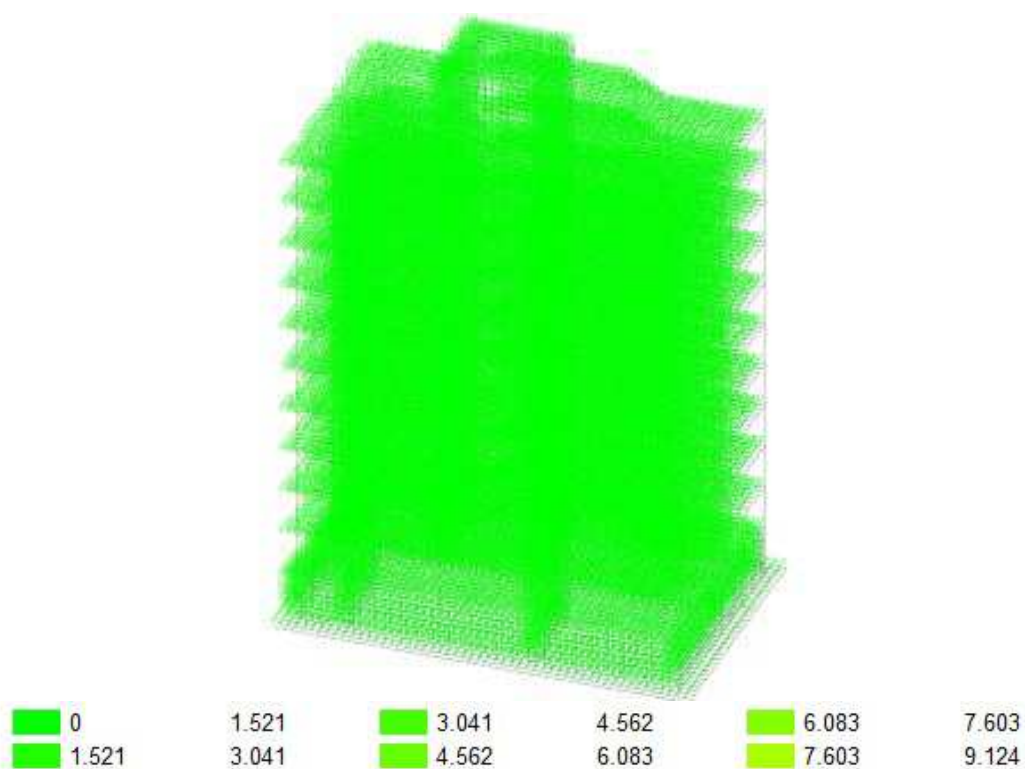


Рисунок 19- Деформация от суммарной нагрузки многоэтажного жилого здания

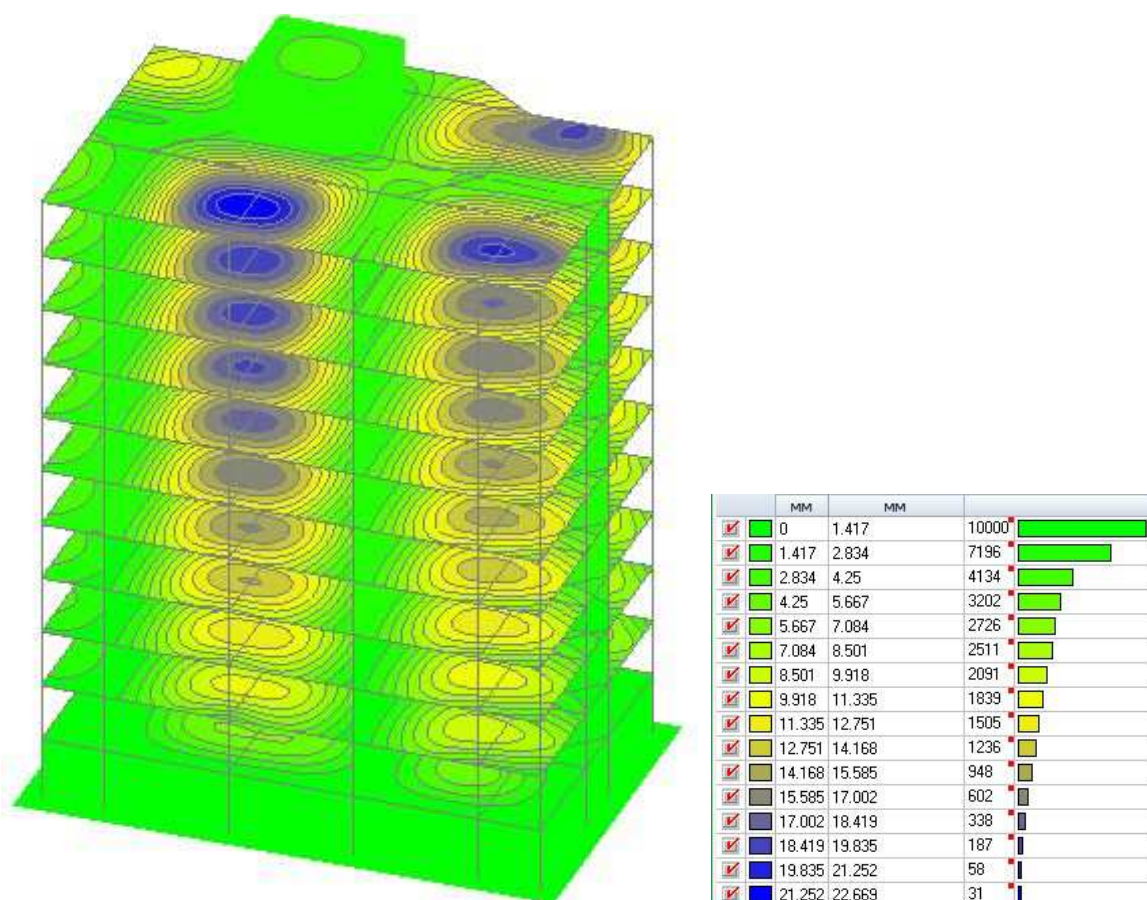


Рисунок 20 - Суммарное перемещение многоэтажного жилого здания

3.3.2 Сбор нагрузок на перекрытие из бетона с микрокремнеземом В40, А400 при сечении перекрытия Н=140мм жилого многоэтажного здания.
Расчет многоэтажного здания

Вид Нагрузки	Нормативная нагрузка, кН/м ² $q^H = \delta \cdot \rho$	Коэффициент надёжности по нагрузке γ_f (табл. 7.1 [160])	Расчетная нагрузка, кН/м ² $q^P = q^H \cdot \gamma_f$
От покрытия			
Гидроизоляционный ковер (3 слоя)	0,15	1,3 (табл.7.1[160])	0,195
От цементно-выравнивающего слоя: $\delta = 40\text{мм}$, $\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$	0,880	1,3 (табл.7.1[160])	1,144
	0,600		0,780
Керамзит по уклону, $\delta = 100\text{мм}$, $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$	0,225	1,3 (табл.7.1[160])	0,270
Минераловатные плиты $\delta = 150\text{мм}$, $\rho = 150 \text{ кг/м}^3$			
От пароизоляции в один слой	0,050	1,2 (табл.7.1[160])	0,065
От железобетонной плиты $\delta = 140\text{мм}$, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$	3,5	1,3 (табл.7.1[160])	3,85
		1,1 (табл.7.1[160])	
Итого :	5,405		6,304
Временная:			
Снеговая	1,2	1,4 (п.10.12[160])	1,68
Всего от покрытия	6,605		7,984

От перекрытия			
От железобетонной плиты $\delta = 140 \text{ мм}, \rho = 2500 \text{ кг/м}^3$:	3,5	1,1 (табл.7.1[160])	3,85
От слоя цементного раствора $\delta = 30 \text{ мм}, \rho = 2000 \text{ кг/м}^3$:	0,660	1,3 (табл.7.1[160])	0,858
От керамических плиток $\delta = 8 \text{ мм}, \rho = 1800 \text{ кг/м}^3$:	0,144	1,1 (табл.7.1[160])	0,159
Итого:	4,304		4,867
Временная P :	1,5	1,3	1,95
Всего от перекрытия:	5,804		6,817

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию определяем по формуле 10.1 [160]:

$$S_0 = 1 \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g, \quad (3.5)$$

где $S_g = 1,2 \text{ кПа}$ таблица 10.1[160] – величина снегового покрова зависит от района строительства г. Абакан относится к II климатической зоне по снеговому покрову Карта 1 [160];

$c_e = 1$, пункт 10.5[160] – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов;

$c_t = 1$, пункт 10.6[160] – термический коэффициент;

$\mu = 1$, при угле наклона $\alpha < 25^\circ$ приложение 3 схема 1[160] – коэффициент перехода весового покрова к снеговой нагрузке.

$$S_0 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ кПа}$$

Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью земли определяем по формуле 11.2 [160]:

$$w_m = w_0 k(z_e) c, \quad (3.6)$$

где w_0 - нормативное значение ветрового давления, таблица 11.1 [160];

$k(z_e)$ - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e ;

c - аэродинамический коэффициент.

Определение нормативного значения пульсационной ветровой нагрузки на эквивалентной высоте:

$$w_p = w_m \cdot \zeta(z_e) \cdot V, \quad (3.7)$$

где w_m - нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки в зависимости от эквивалентной высоты над поверхностью земли;

$\zeta(z_e)$ - коэффициент пульсации давления ветра, принимаемый по т. 11.4 или формуле 11.6 [160] для эквивалентной высоты z_e п. 11.1.5;

V - коэффициент пространственной корреляции пульсации давления ветра

п. 11.1.11 [160].

Нормативное значение основной ветровой нагрузки определяем, как сумму средней w_m и пульсационной w_p составляющих (формула 11.1 [160]):

$$w = w_m + w_p \quad (3.8)$$

Город Абакан относится к II району по ветровой нагрузке (Карта 2г, Приложение Е [160])

Таблица 15 – Исходные данные для расчета ветровой нагрузки

Исходные данные	
Ветровой район	II
Нормативное значение ветрового давления	0,3 кН/м ²
Тип местности	A - открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра
Тип сооружения	Вертикальные и отклоняющиеся от вертикальных не более чем на 15° поверхности

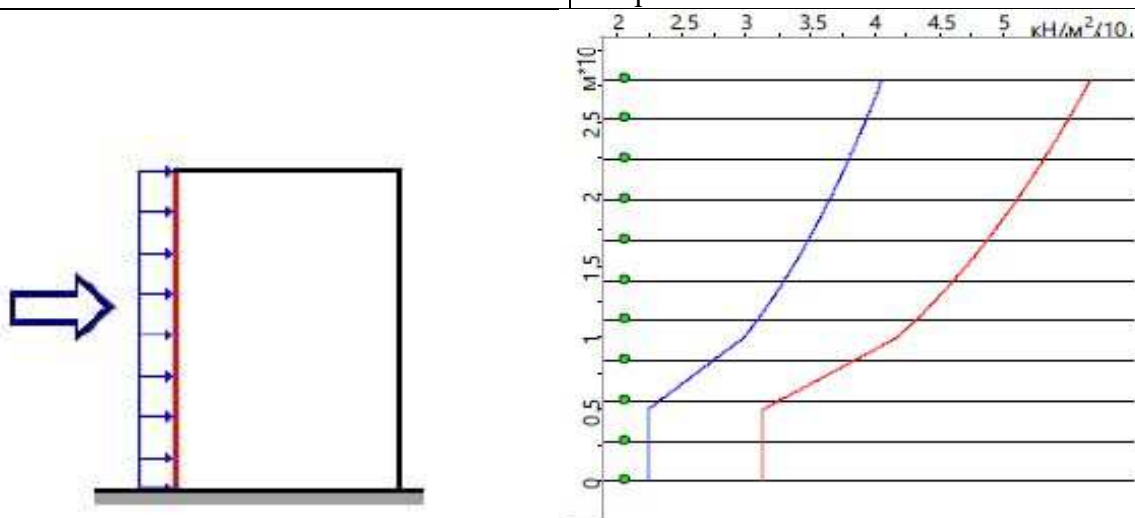


Рисунок 21 - Нагрузка наветренной стороны

Таблица 16 - Значения по высоте здания

Высота (м)	Нормативное значение (кН/м ²)	Расчетное значение (кН/м ²)
0	0,224	0,313
2,8	0,224	0,313
5,6	0,233	0,326
8,4	0,274	0,384

11,2	0,309	0,432
14,0	0,330	0,462
16,8	0,348	0,488
19,6	0,365	0,511
22,4	0,380	0,532
25,2	0,394	0,551
28,0	0,406	0,569

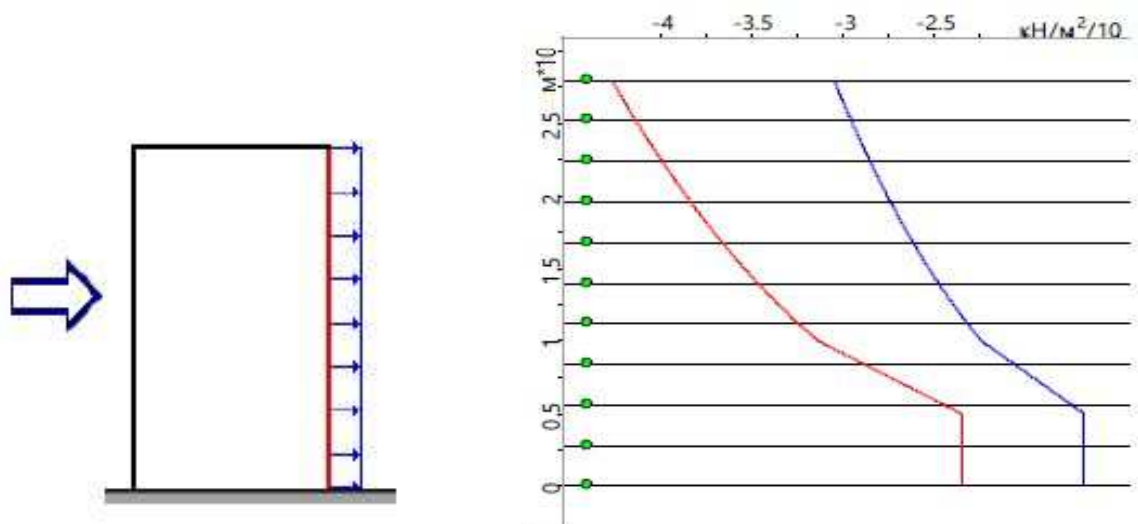


Рисунок 22 - Нагрузка подветренной стороны

Таблица 17 - Значения по высоте здания

Высота (м)	Нормативное значение (кН/м ²)	Расчетное значение (кН/м ²)
0	-0,168	-0,235
2,8	-0,168	-0,235
5,6	-0,174	-0,244
8,4	- 0,206	-0,288
11,2	-0,231	-0,324
14,0	-0,247	-0,346
16,8	-0,261	-0,366
19,6	-0,274	-0,383
22,4	-0,285	-0,399
25,2	-0,295	-0,413

28,0	-0,305	-0,426
------	--------	--------

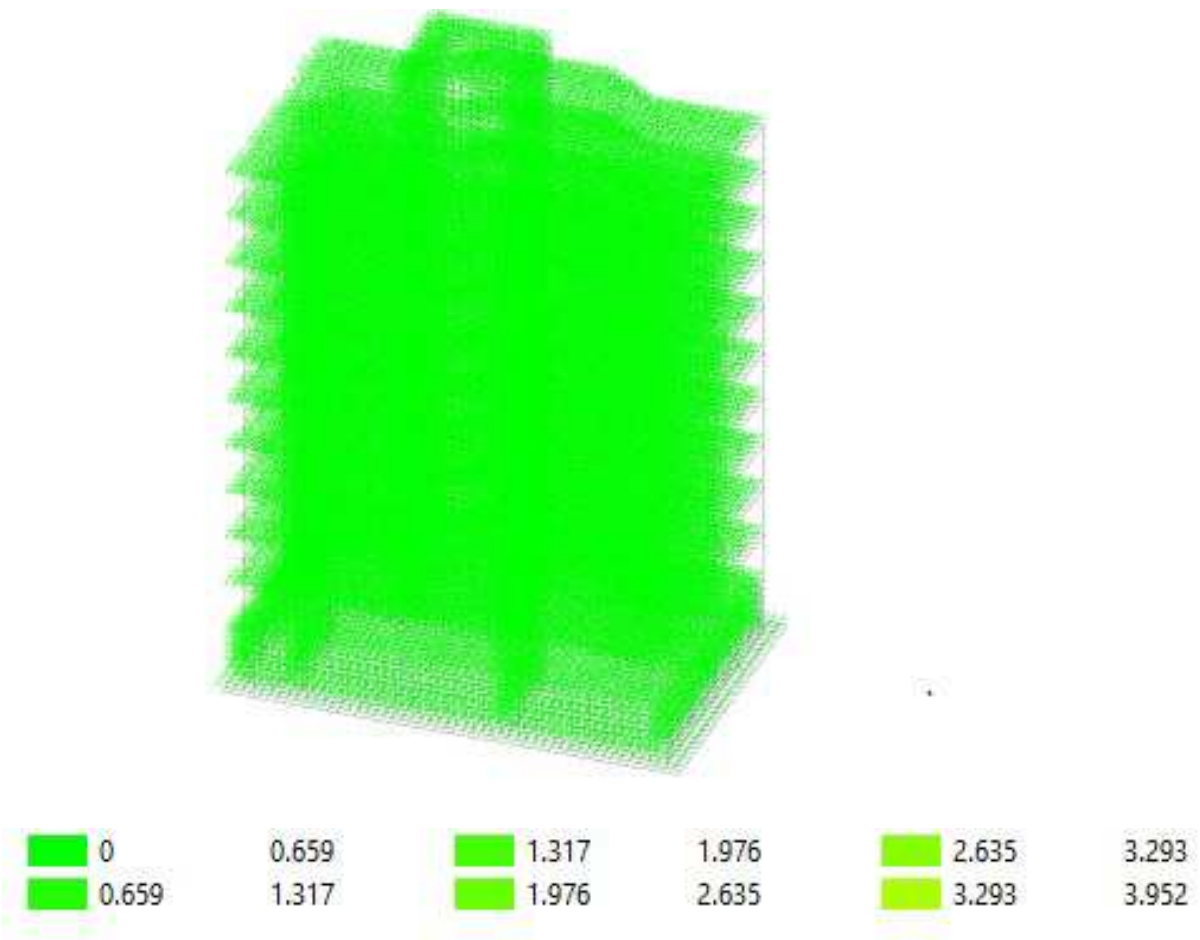
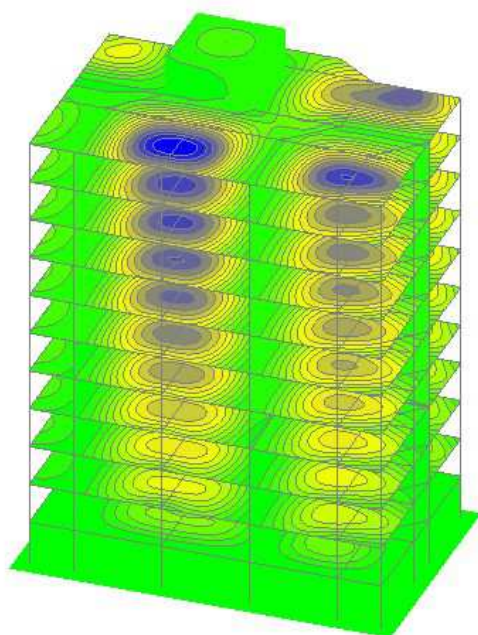


Рисунок 23 - Деформация от суммарной нагрузки многоэтажного жилого здания



	MM	MM		
✓	0	1.662	12059	
✓	1.662	3.324	6142	
✓	3.324	4.986	3927	
✓	4.986	6.648	3228	
✓	6.648	8.311	2934	
✓	8.311	9.973	2631	
✓	9.973	11.635	2181	
✓	11.635	13.297	1898	
✓	13.297	14.959	1482	
✓	14.959	16.621	1105	
✓	16.621	18.283	717	
✓	18.283	19.945	432	
✓	19.945	21.607	256	
✓	21.607	23.269	116	
✓	23.269	24.932	45	
✓	24.932	26.594	29	

Рисунок 24 - Суммарное перемещение многоэтажного жилого здания

3.3.3 Сбор нагрузок на перекрытие из бетона с микрокремнеземом В40, А400 при сечении перекрытия Н=120мм жилого многоэтажного здания.
Расчет многоэтажного здания

Вид Нагрузки	Нормативная нагрузка, кН/м ² $q^H = \delta \cdot \rho$	Коэффициент надёжности по нагрузке γ_f (табл. 7.1 [160])	Расчетная нагрузка, кН/м ² $q^P = q^H \cdot \gamma_f$
От покрытия			
Гидроизоляционный ковер (3 слоя)	0,15	1,3 (табл.7.1[160])	0,195
От цементно-выравнивающего слоя: $\delta = 40\text{мм}$, $\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$	0,880	1,3 (табл.7.1[160])	1,144
Керамзит по уклону, $\delta = 100\text{мм}$, $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$	0,600	1,3 (табл.7.1[160])	0,780
Минераловатные плиты $\delta = 150\text{мм}$, $\rho = 150 \text{ кг/м}^3$	0,225	1,3 (табл.7.1[160])	0,270
От пароизоляции в один слой			

От железобетонной плиты $\delta = 120\text{мм}, \rho = 2500 \text{ кг/м}^3$	0,050	1,2 (табл.7.1[160])	0,065
	3	1,3 (табл.7.1[160])	3,3
		1,1 (табл.7.1[160])	
Итого :	4,905		5,754
Временная: Снеговая	1,2	1,4 (п.10.12[160])	1,68
Всего от покрытия	5,105		7,434
От перекрытия От железобетонной плиты $\delta = 120\text{мм}, \rho = 2500 \text{ кг/м}^3$: От слоя цементного раствора $\delta = 30\text{мм}, \rho = 2000 \text{ кг/м}^3$: От керамических плиток $\delta = 8\text{мм}, \rho = 1800 \text{ кг/м}^3$:	4 0,660 0,144	1,1 (табл.7.1[160]) 1,3 (табл.7.1[160]) 1,1 (табл.7.1[160])	4,4 0,858 0,159
Итого:	4,804		5,417
Временная P :	1,5	1,3	1,95
Всего от перекрытия:	6,304		7,367

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию определяем по формуле 10.1 [160]:

$$S_0 = 1 \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g, \quad (3.9)$$

где $S_g = 1,2$ кПа таблица 10.1[160] – величина снегового покрова зависит от района строительства г. Абакан относится к II климатической зоне по снеговому покрову Карта 1 [160];

$c_e = 1$, пункт 10.5[160] – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов;

$c_t = 1$, пункт 10.6[160] – термический коэффициент;

$\mu = 1$, при угле наклона $\alpha < 25^\circ$ приложение 3 схема 1[160] – коэффициент перехода весового покрова к снеговой нагрузке.

$$S_0 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ кПа}$$

Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью земли определяем по формуле 11.2 [160]:

$$w_m = w_0 k(z_e) c, \quad (3.10)$$

где w_0 - нормативное значение ветрового давления, таблица 11.1 [160];

$k(z_e)$ - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e ;

c - аэродинамический коэффициент.

Определение нормативного значения пульсационной ветровой нагрузки на эквивалентной высоте:

$$w_p = w_m \cdot \zeta(z_e) \cdot V, \quad (3.11)$$

где w_m - нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки в зависимости от эквивалентной высоты над поверхностью земли;

$\zeta(z_e)$ - коэффициент пульсации давления ветра, принимаемый по т. 11.4 или формуле 11.6 [160] для эквивалентной высоты z_e п. 11.1.5;

V - коэффициент пространственной корреляции пульсации давления ветра

п. 11.1.11 [160].

Нормативное значение основной ветровой нагрузки определяем, как сумму средней w_m и пульсационной w_p составляющих (формула 11.1 [160]):

$$w = w_m + w_p \quad (2.12)$$

Город Абакан относится к II району по ветровой нагрузке (Карта 2г, Приложение Е [160])

Таблица 18 – Исходные данные для расчета ветровой нагрузки

Исходные данные	
Ветровой район	II
Нормативное значение ветрового давления	0,3 кН/м ²
Тип местности	A - открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра
Тип сооружения	Вертикальные и отклоняющиеся от

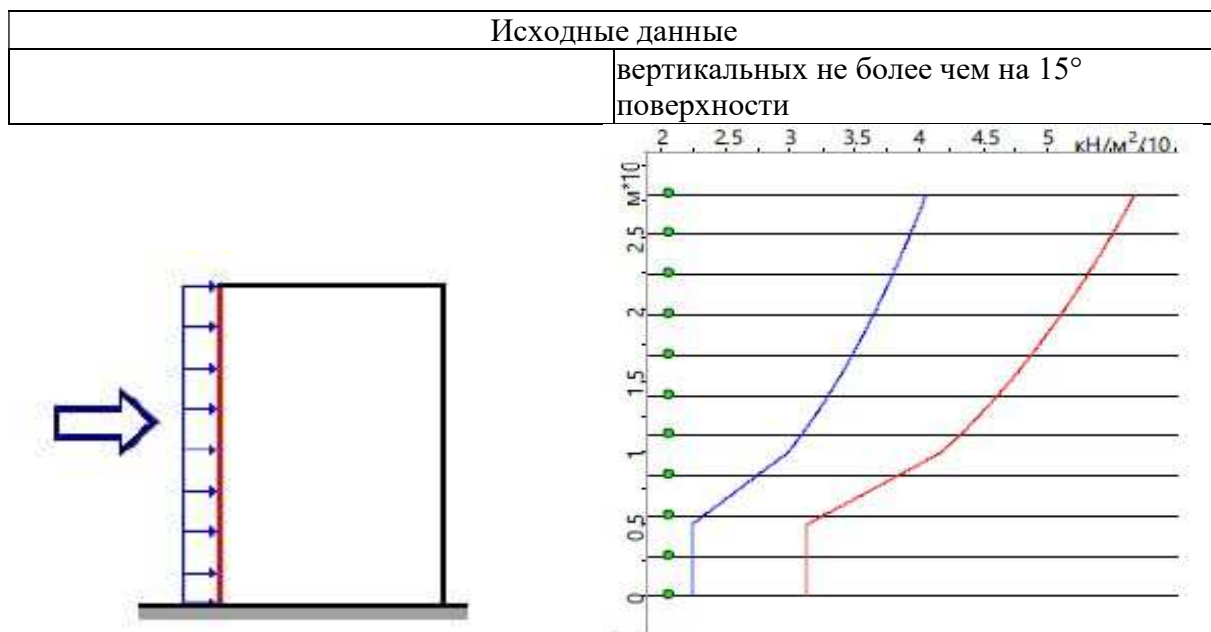


Рисунок 25 - Нагрузка наветренной стороны

Таблица 19 - Значения по высоте здания

Высота (м)	Нормативное значение (кН/м ²)	Расчетное значение (кН/м ²)
0	0,224	0,313
2,8	0,224	0,313
5,6	0,233	0,326
8,4	0,274	0,384
11,2	0,309	0,432
14,0	0,330	0,462
16,8	0,348	0,488
19,6	0,365	0,511
22,4	0,380	0,532
25,2	0,394	0,551
28,0	0,406	0,569

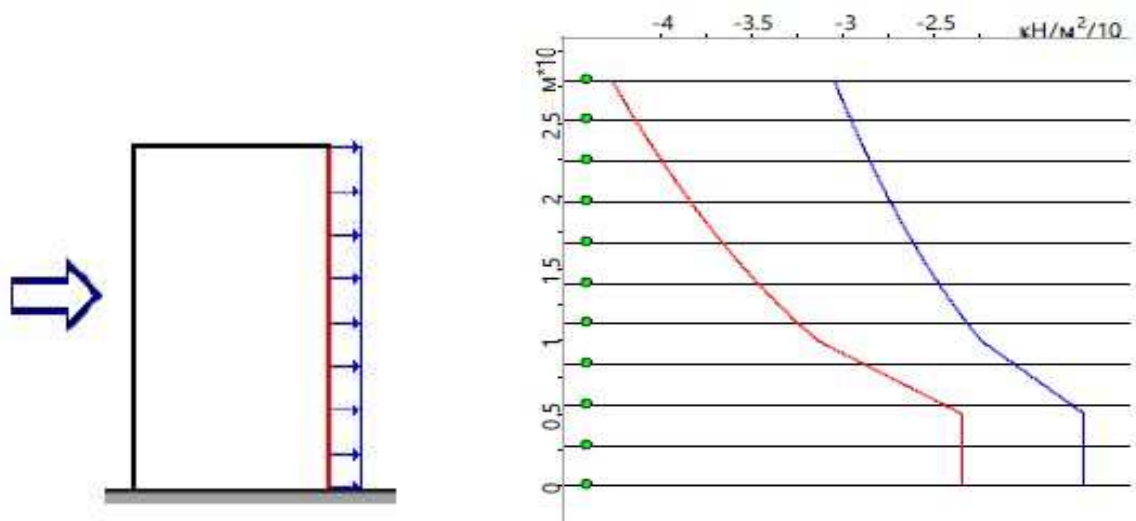


Рисунок 26 - Нагрузка подветренной стороны

Таблица 20 - Значения по высоте здания

Высота (м)	Нормативное значение (кН/м ²)	Расчетное значение (кН/м ²)
0	-0,168	-0,235
2,8	-0,168	-0,235
5,6	-0,174	-0,244
8,4	- 0,206	-0,288
11,2	-0,231	-0,324
14,0	-0,247	-0,346
16,8	-0,261	-0,366
19,6	-0,274	-0,383
22,4	-0,285	-0,399
25,2	-0,295	-0,413
28,0	-0,305	-0,426

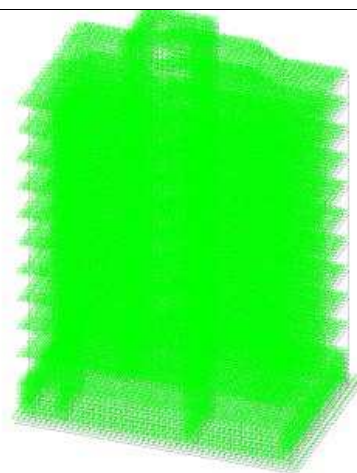




Рисунок 27 - Деформация от суммарной нагрузки многоэтажного жилого здания

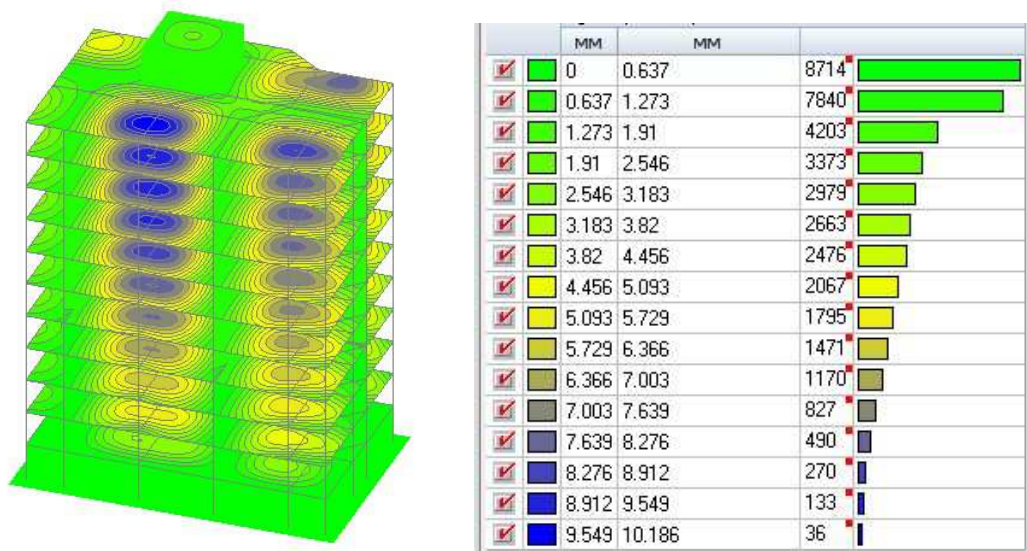


Рисунок 28 - Перемещение от суммарной нагрузки многоэтажного жилого здания

По результатам численных исследований установлен характер изменения и закономерности влияния повышения класса прочности бетона и арматуры на материалоемкость сжатых и изгибаемых элементов монолитного железобетонного каркаса. Разработаны аналитические зависимости и расчетные модели, связывающие несущую способность, жесткость и трещиностойкость нормальных сечений сжатых и изгибаемых элементов железобетонного каркаса с последовательным изменением его напряженно-деформированного состояния, режимами деформирования бетона и арматуры в составе конструкций каркаса здания.

Представлен обобщающий подход к решению задач оптимизации использования высокопрочных бетонов и эффективных классов арматурной стали в железобетонных элементах с учетом характера их нагружения по критериям снижения расхода арматурной стали и бетона. На первом этапе эффективность повышения прочности бетона по критерию снижения расхода

арматурной стали для сжатых элементов на примере центрально сжатой колонны оценивается при неизменной геометрии сечения (неизменном расходе бетона).

Повышение прочности бетона от класса В25 до уровня В40 при неизменной несущей способности элемента снизит расход арматуры примерно вдвое.

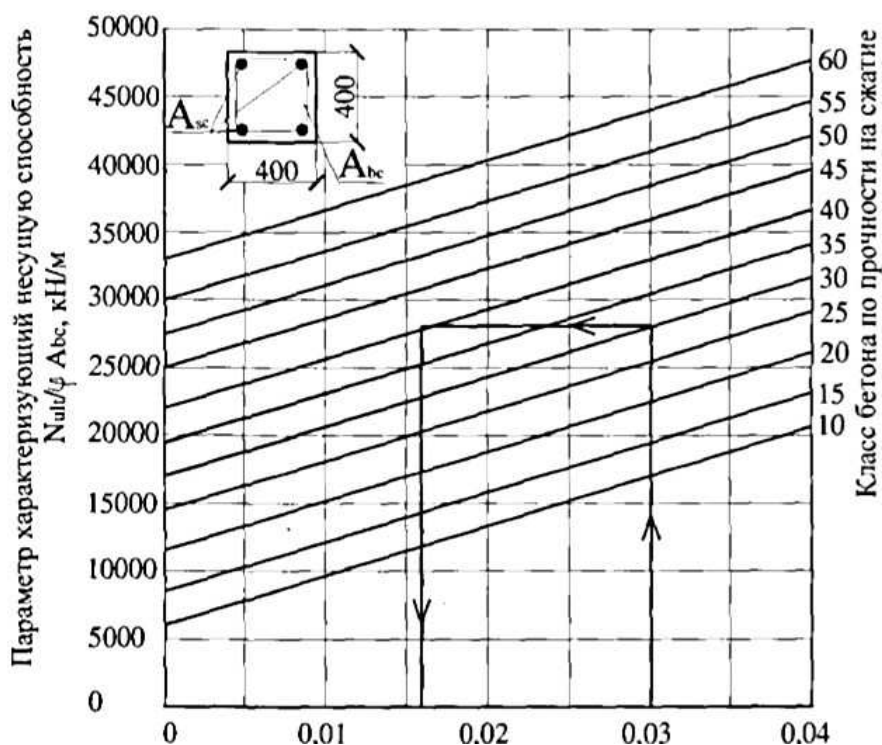


Рисунок 29 - Зависимости несущей способности центрально сжатой колонны от класса бетона по прочности на сжатие и коэффициента рабочего армирования (арматура класса А400)

Зависимости снижения расхода арматуры внецентренно сжатых элементов прямоугольного сечения с симметричной арматурой из тяжелого бетона для частного по гибкости случая представлены на рисунке 28.

Наибольший эффект по снижению расхода арматурной стали с повышением класса прочности бетона при неизменном классе арматуры во внецентренно сжатых элементах соответствует случаям малых эксцентриситетов, а наименьший - больших эксцентриситетов. В первом случае работа элемента приближается к центрально нагруженному, для

которого достигается наибольший эффект по снижению расхода арматуры, как было показано выше (рисунок 29). Второй случай с большими эксцентриситетами приближается к работе изгибаемого элемента (рисунок 29) [7,163].

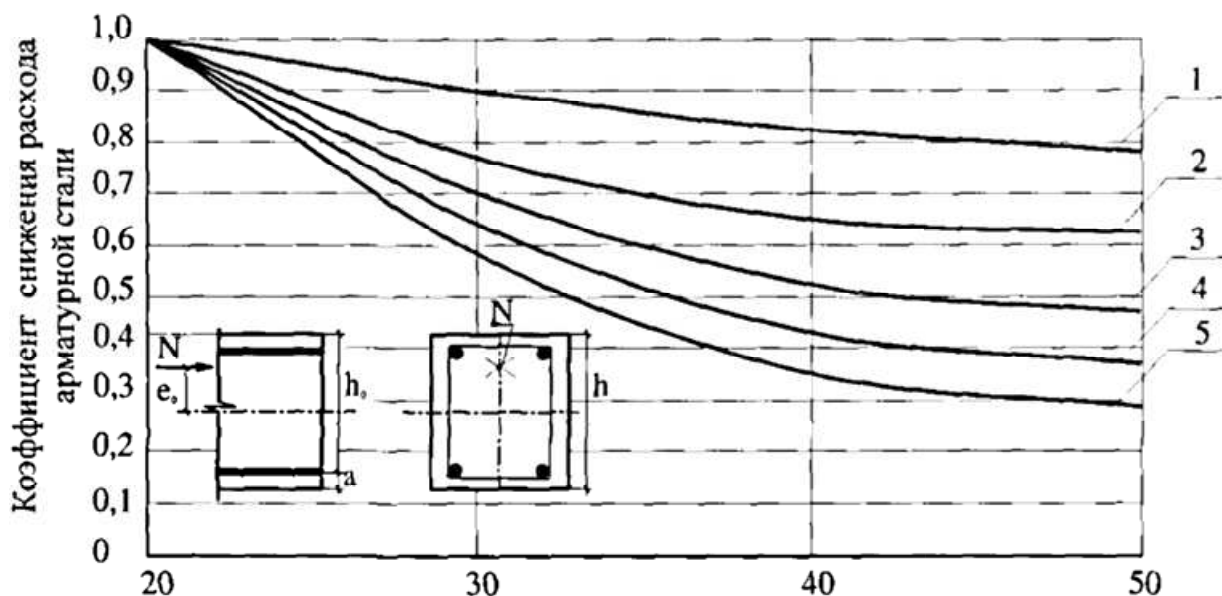


Рисунок 30 - Зависимости снижения расхода арматуры А400 во внецентренно сжатых элементах при повышении класса бетона по прочности на сжатие от В20 до В50 для гибкости элемента $\lambda = 10$ и $a_{s0} = 0,8$: 1 - $e_0/h_0 = 1,33$; 2 - $e_0/h_0 = 0,875$; 3 - $e_0/h_0 = 0,458$; 4 - $e_0/h_0 = 0,250$; 5 - $e_0/h_0 = 0,125$

Выявлены пути по эффективному снижению материалоемкости элементов железобетонного монолитного каркаса на основе применения бетонов и арматуры повышенных классов прочности. Применение данной методики позволяет в обобщенной аналитической форме оценить несущую способность, ширину раскрытия трещин и прогибы плит при нагружении в их взаимосвязи с учетом основных факторов, связанных с параметрами сечений, прочностными и упруго-деформативными характеристиками бетона и арматуры [7,163].

4.Экономический анализ

На основании отчета научно-производственной практики проведены исследования эффективности внесения микрокремнезема в бетонную смесь. В процессе работы сравнивались образцы бетонных смесей разных классов В25 контрольный (типовой КУБ-2,5) с В25 (+10% микрокремнезема) и с В40 (+10% микрокремнезема).

На первом этапе заводской себестоимости проводилось определение стоимости исходных материалов по разработанной калькуляции приготовления бетонных смесей 1м³- В25, В40 завод ООО «Алтай» от 20. 10. 2014г. Расчет проводился по материалам изготовления бетонной смеси 1 м³. Данные стоимости материалов 1м³ бетонных смесей (таблица 21) рассчитаны по таблице 22 [158].

Таблица 21 – Составы бетонных смесей и стоимость

Наименование материалов	Ед. изм.	Классы бетона						
		В35	В30	В25	В22,5	В20	В15	В50
Цемент	кг/м3	500	450	390	330	310	305	-
		275	250	230	200	180	165	355
Микрокремнезём	кг/м3	-	-	-	-	-	-	-
		55	50	45	40	35	30	70
Песок	кг/м3	640	750	820	870	890	770	-
		885	915	940	905	880	860	805
Щебень фр.5-20мм	кг/м3	1140	1110	1060	1070	1100	1195	-
		1065	1060	1065	1125	1135	1140	1110
Вода	кг/м3	185	180	180	180	180	200	-
		190	205	200	190	200	205	160
Добавка СП-1:	% от веса цемента	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,2	-
		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
Плотность бетонной смеси	кг/м3	2,47	2,49	2,45	2,45	2,48	2,47	-
		2,47	2,48	2,48	2,46	2,43	2,40	2,50
ОК сразу/ 10 мин.	См	10÷15	10÷15	5÷9	5÷9	5÷9	5÷9	-

		10÷15	10÷15	5÷9	5÷9	5÷9	5÷9	10÷15
В/Ц		0,37	0,40	0,47	0,55	0,58	0,66	-
		0,58	0,68	0,73	0,79	0,93	1,05	0,38
Весовая доля песка		0,36	0,40	0,44	0,45	0,45	0,39	-
		0,45	0,46	0,47	0,45	0,44	0,43	0,42
R5 ТВО	МПа	41,9	30,5	34,7	28,6	23,2	21,4	55,9
R28 ТВО	МПа	48,9	30,3	35,0	28,9	26,8	24,1	60,1
Стоимость контрольного класса	с НДС, руб.	3 637,2 3	3 397,0 2	3 069,9 7	2 750,6 8	2 654,5 1	2 473,8 4	-
Стоимость с микрокремнеземо м		3 248,6 2	3 044,2 5	2 871,8 3	2 619,3 6	2 420,9 7	2 451,1 5	2 561,5 5

Для экспериментов численных методов выбраны составы В25 типовой, В25 с расходом цемента 200 кг/м³, В40 с расходом цемента 231 кг/м³

Таблица 22 - Стоимость 1 м³ бетона по материалам

Наименование материалов	Ед. изм.	Классы бетона		
		В25	В25 МКЗ	В40 МКЗ
Цемент	кг/м ³	360	200	231
Микрокремнезём	кг/м ³	-	40	40
Песок	кг/м ³	840	897	776
Щебень фр.5-20мм	кг/м ³	1060	1060	1194
Вода	кг/м ³	180	200	188
Добавка СП-1:	% от веса цемента	1,08	1,5	1,3
Плотность бетонной смеси	кг/м ³	2,454	2,420	2,455
ОК сразу/ 10 мин.	См	5÷9	6,5÷9	8÷9
В/Ц		0,63	0,76	0,64
Весовая доля песка		0,44	0,46	0,39
R5 ТВО	Мпа	34,7	34,8	44,2
R28 ТВО	Мпа	35,0	36,0	55,9

Стоимость контрольного класса	с НДС, руб. (20%)	3 069,97	2 750,68	2 861,55
-------------------------------	-------------------------	----------	----------	----------

Анализ данных таблиц 21, 22 позволил составить диаграммы (рисунки 31,32,33).

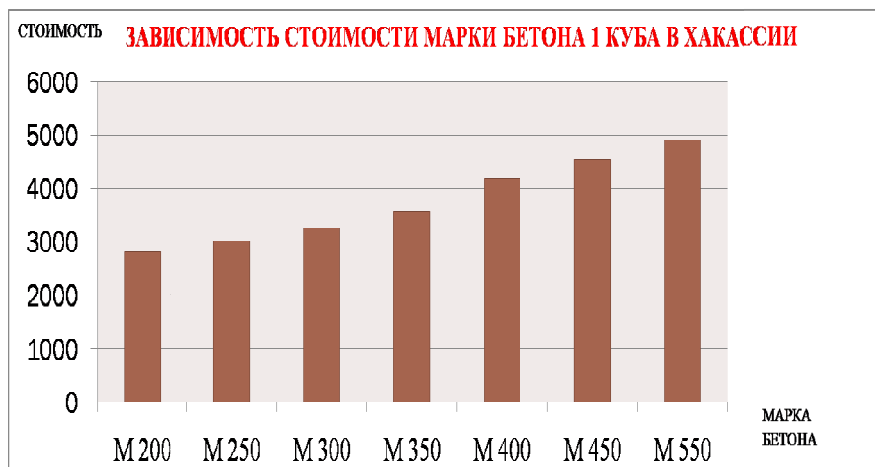


Рисунок 31 – Зависимость стоимости марки бетона одного куба в Хакасии.

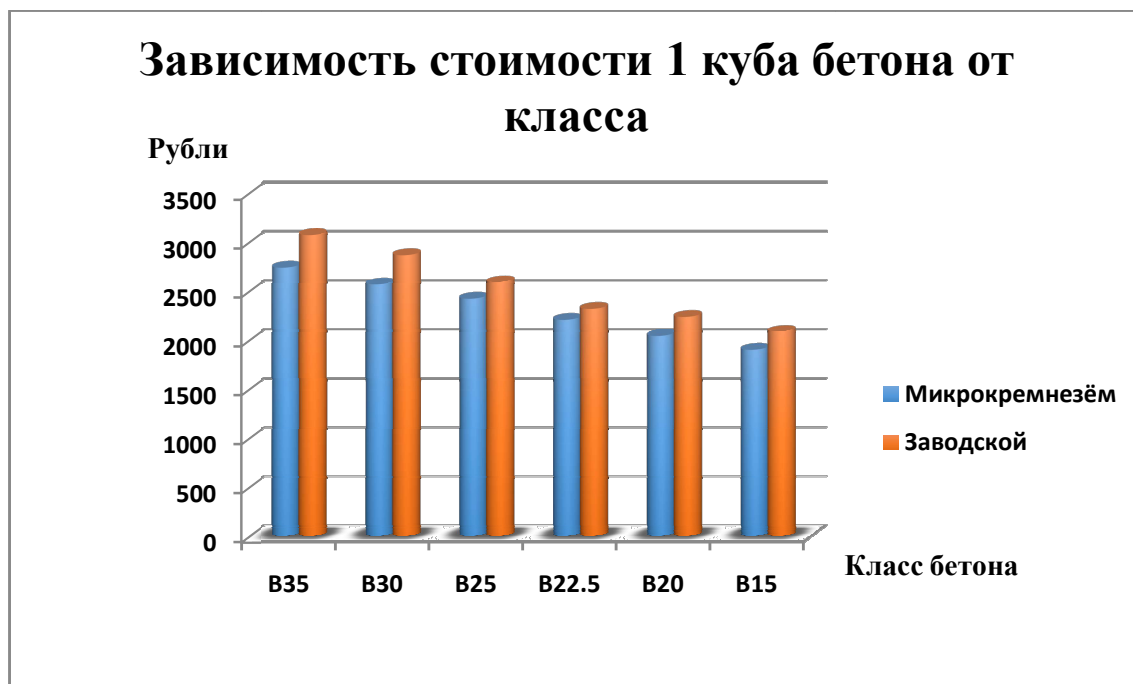


Рисунок 32 – Зависимость стоимости 1 куба бетона от марки



Рисунок 33 – Расход цемента в зависимости от класса бетона

Для каждого завода различна номенклатура выпускаемой железобетонной продукции, также бетон с МКЗ рекомендуется применять при монолитном домостроении. Следовательно, все перечисленные экономические показатели бетона для каждого завода и монолитного домостроения будут свои.

Прочность безпропарочных бетонов при монолитном домостроении получаем с отпускной прочностью В 30 в течение 24 часов, оборот опалубки, следовательно, возрастает. Время формирования монолитного домостроения в целом на здание уменьшается. В итоге от применения микрокремнезема наблюдается эффективность на здание в целом. Бетон В50, на цементах М500 и расходных контрольных данных расхода цемента 266-350 на 1м³, вообще, без МКЗ невозможно получить высокие классы бетона (таблица 11, рисунки 18, 10, 20).

На В15 экономия составляет примерно 238 рублей.

Добавка МКЗ благоприятно влияет на морозостойкость и водонепроницаемость бетонов: при неизменном расходе цемента добавка

МКЗ в количестве 20-30% от массы цемента может служить средством повышения как морозостойкости, так и водонепроницаемости.

Введение МКЗ в бетонную смесь на цементах средней активности позволит:

- получить высокопрочные бетоны, либо бетоны с экономией цемента до 50%

Использование МКЗ в технологию бетона позволяет улучшить экологическую обстановку, при этом получить значительный эффект в стройиндустрии. В связи с этим, эффект от применения МКЗ определяется как сумма двух факторов: экономии средств за счет сокращения затрат материальных и энергетических ресурсов при производстве различных железобетонных конструкций и экономии на природоохранные мероприятия ферросплавных заводов.

Таблица 23 – Экономический эффект 1 м³ в рублях

Цемент	819
ТВО=3часа=510МДж=0,12ГКал [162]	185,85
Всего	1004,85

Выводы по главе

Введение микрокремнезема в бетонную смесь на цементах средней активности позволит:

1. Получить высокопрочные бетоны (либо экономию цемента до 50%);
2. Получить безпропарочные бетоны с отпускной прочностью В 30 в течении 24 часов;
3. Сократить продолжительность тепловлажностной обработки на 3-4 часа;
4. Повышение морозостойкости F и водонепроницаемости w бетонов;
5. Повысить сульфатостойкость бетонов изготавливаемых на обычном портландцементе;

6. Улучшить связность литых бетонных смесей;
7. сохранность арматурной стали в бетоне обеспечивается при дозировке МКЗ не более 20% от массы цемента (>20% вводят ингибиторы коррозии стали - нитрат натрия);
8. Улучшить экологическую обстановку, при этом получить значительный эффект в стройиндустрии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Существующие нормы проектирования железобетонных конструкций не учитывают совокупность всех факторов, влияющих на несущую способность, жесткость и трещиностойкость конструкций, что зачастую приводит к неоправданному завышению размеров сечений и значительному (на 20-35 %) перерасходу бетона и арматуры.

2. Выявлены пути по эффективному снижению материалоемкости элементов железобетонного каркаса на основе применения бетонов и повышенных классов прочности.

3. Решена задача об оптимальной толщине плиты перекрытия в составе каркаса по критерию снижения материалоемкости и стоимости.

4. Проведены многофакторные численные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных плит перекрытия в составе конструкции каркаса здания с варьированием пролетов, толщин, нагрузок, классов бетона и арматуры, что позволило существенно уточнить расчетные параметры, определяющие их несущую способность.

5. Установлены рациональные области и выявлены критерии оценки возможностей для оптимального проектирования и реализации конструктивных решений железобетонного каркаса в части снижения его материалоемкости при замене традиционной типового класса бетона В25 на класса бетона В40 с микрокремнеземом.

6. Выполнены численные методы исследования несущей способности, трещиностойкости и деформативности фрагментов железобетонных плит перекрытия каркаса с целью проверки сечения, положенных в основу расчетных моделей. U_{y76}

7. На основе проведенных исследований с использованием экономико-математических методов разработаны рекомендации по применению бетона В40 с микрокремнеземом в плитах перекрытия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ампилов, СМ. Опыт и перспективы развития монолитного домостроения / СМ. Ампилов // Технологии, материалы, конструкции в строительстве. 2000. - №6. — С. 77-78.
2. Ананенко, А.А. Получение высокопрочных бетонов на шлакощелочных вяжущих / А.А. Ананенко, А.В. Банул // Известия вузов. Строительство. 2007. - №10. - С. 17-19.
3. Афанасьев, А.А. Интенсификация работ по возведению зданий и сооружений из монолитного железобетона / А.А. Афанасьев // — М.: Стройиздат, 2009. - 384 с.
4. Салов, А.С. Техничко-экономическое обоснование применения высокопрочных бетонов в изгибаемых и внецентренно сжатых элементах / А.С. Салов // 60-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция строительства и архитектуры: сб. тез. докл. - Уфа: УГНТУ, 2009. - С. 105-110.
5. Салов, А.С. Решение задач по оценке эффективности применения бетонов и арматурных сталей в изгибаемых элементах / А.С. Салов // Материалы XIV Международной научно-технической конференции при XIV специализированной выставке «Архитектура. Строительство. Коммунальное хозяйство-2010». - Уфа: УГНТУ, 2010.-Т. 1. - С. 109-III.
6. Салов, А.С. Вопросы оптимального использования высокопрочных бетонов и эффективных классов арматуры в изгибаемых элементах / А.С. Салов // Материалы XV Академических чтений РААСН, Казан, гос. арх.-строит. ун-т. - Казань, 2010. - Т.2. - С.58-61.
7. Салов, А.С. Оптимизация конструктивных решений безригельного железобетонного каркаса на основе применение бетонов и арматуры повышенных классов прочности: дис. канд. тех. наук: 05.23.01 / Салов Александр Сергеевич. – Уфа, 2011. – 199с.

8. Баженов, Ю.М. Технология бетона: учебник / Ю.М. Баженов. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. - 528 с.
9. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции: общий курс / В.Н.Байков, Э.Е. Сигалов. - М.: Стройиздат, 2015. - 728 с
10. Березовский, Б.И. Возведение монолитных конструкций зданий и сооружений / Б.И. Березовский, Н.И. Евдокимов, Б.В. Ждановский и др. // - М.: Стройиздат, 2011.-335с.
11. Варламов, А.А. Способ оценки напряженно-деформированного состояния бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций / А.А. Варламов, Ю.М. Круциляк // Бетон и железобетон. 2015. - №6. - С. 18-20.
12. Волков, Ю.С. Новый евростандарт на бетон / Ю.С. Волков // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2010. -№4.-С. 16.
13. Гаркави, М.С. Технологические и эксплуатационные свойства бетона на основе шлакопортландцемента с модифицированными лигносульфонатами / М.С. Гаркави, Е.А. Трошкина // Строительные материалы, 2018. -№ 12. - С. 34-35.
14. Глуховский, А. Д. Железобетонные безбалочные бескапитальные перекрытия для многоэтажных зданий / А.Д. Глуховский // — М.: Госстройиздат, 2016.
15. Десов, А.Е. Некоторые вопросы структуры, прочности и деформации бетонов / А.Е. Десов// Структура, прочность и деформации бетонов. - М.: Стройиздат, 2016. - 158 с.
16. Добролюбов, Г. Прогнозирование долговечности бетона с добавками / Г. Добролюбов, Т.И. Розенберг, В.Б. Ратинов. - М.: Стройиздат, 2013. - 213 с.
17. Дыховичный, Ю.А. Монолитный железобетон в Московском строительстве / Ю.А. Дыховичный // Монолитный железобетон в Московском строительстве: Материалы семинара. — М.: ЦРДЗ, 2011. -С. 4-18.

18. Евдокимов, Н.И. Технология монолитного бетона и железобетона / Н.И.Евдокимов, А.Ф.Мацкевич, В.С. Сытник // Учеб. пособие для строительных вузов. — М.: Высшая школа, 2010. - 335с.
19. Зайцев, Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения / Ю.В. Зайцев. — М.: Стройиздат, 2012. - 196 с.
20. Залесов, А.С. Расчет прочности железобетонных конструкций при различных силовых воздействиях по новым нормативным документам // Бетон и железобетон. А.С.Залесов, Т.А.Мухамедиев, Е.А.Чистяков. - М, 2012.-№№3,4.
21. Иванов, А.И. Особенности применения высокопрочного бетона в колоннах зданий / А.И.Иванов // Строительные материалы. 2014. - №6. - С. 7-8.
22. Гвоздев А.А., Мулин Н.М., Гуца Ю.П. Некоторые вопросы расчета прочности и деформации железобетонных элементов при работе арматуры в пластической стадии // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура 1968.-№6.
23. Асаад Р.Х. Разработка методов расчета статически неопределимых железобетонных балок с учетом нисходящей Ветви деформирования: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01-Ростов-на-Дону, 1984. - 177 с.
24. Баженов Ю.М. Технология бетона-М.: Изд-во АСВ, 2003. - 500 с.
25. Беликов Н.А. Сопротивление сжатию гибких элементов монолитного железобетонного каркаса: автореф. дис. ... канд. техн. наук.-М., 2008. -23 с
26. Битько Н.М. Исследование напряженно-деформированного состояния бетонов при сжатии и их сопротивление последующему растяжению: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01- Киев, 1979. - 226 с.
27. Бойцов В.Н., Маилян Д.Р. Рекомендации по расчету внецентренносжатых предварительно напряженных железобетонных

элементов геометрической гибкостью 10-60 из тяжелого бетона и высокопрочной арматуры- Ростов-на-Дону: Ростовский ПромстройНИИпроект, 1984. - 22 с.

28. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона-Харьков: изд-во Харьков, гос. ун-та, ^1968. - 323 с.

29. Ганага П.Н., Каган В.Б., Маилян Д.Р. Расчет прочности элементов с учетом эффекта преднапряжения арматуры // Бетон и железобетон-1979 №9.-С. 28-29.

30. Десов А.Е. Пути получения и область применения высокопрочного бетона // Бетон и железобетон- 1969- № 3. - С. 7-12.

31. Дмитриев А.В. Динамический расчет изгибаемых железобетонных элементов с учетом влияния скорости деформирования: автореф. дис. ... канд. техн. наук.- М., 1983. - 22 с.

32. Зайцев Л.Н. Провести исследование и разработать рекомендации по расчету раскрытия нормальных трещин в ригелях железобетонных каркасов промышленных зданий в зоне приложения сосредоточенных сил. Отчет НИИЖБ.- М., 1978.

33. Залесов А.С., Чистяков Е.А., Ларичев И.Ю. Деформативная расчетная модель железобетонных элементов при действии изгибающих моментов и продольных сил // Бетон и железобетон- 1996- № 5. - С. 16-19.

34. Маилян Д.Р. Исследование влияния предварительного напряжения на свойства материалов и работу гибких внецентренно сжатых железобетонных колонн: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01- Ростов-на-Дону, 1980. - 277 с.

35. Маилян Д.Р. Расчет преднапряженных гибких железобетонных колонн по деформированной схеме // Вопросы прочности, деформативности и трещиностойкости железобетона, вып. 8- Ростов-на-Дону, 1980.

36. Маилян Д.Р., Аксёнов В.Н. Области эффективного применения высокопрочных бетонов в сжатых элементах // «Строительство - 2009»: мат-

лы юбилейной Междунар. научн.-практич. конф- Ростов н/Д: РГСУ, 2009. - С. 43-45.

37. Маилян Д.Р., Аксёнов В.Н. Автоматизация расчета сжатых железобетонных элементов с обычным, смешанным и комбинированным армированием // Расчет и проектирование железобетонных конструкций- Ростов н/Д: СевкавНИПИАгропром, 2004. - С. 84-93.

38. Маилян Д.Р., Ходжаев А.А. Методика расчета железобетонных конструкций с учетом дважды трансформированных диаграмм деформирования бетона // Перспективы развития научно-технического прогресса в проектировании и строительстве- Ростов-на-Дону, 1988. - С. 29-31.

39. Макаренко Л.П. Снижение сопротивления бетона растяжению после длительного сжатия // Доклад на VII конгрессе ФИЛ в г. Нью-Йорке- М., 1974.-9 с.

40. Манискевич Е.С. Устойчивость и устойчивая прочность железобетонных рамных конструкций при кратковременном действии нагрузки: автореф. дис. ... канд. техн. наук-Киев, 1979. - 18 с.

41. Мельник Р.А., Федорчук В.И., Лубенец И.И. Механические свойства высокопрочных бетонов //Бетон и железобетон- 1975.-№ 8. - С. 7-10.

42. Мкртчян А.М. К вопросу о получении диаграммы деформирования высокопрочного бетона // «Строительство - 2013»: мат-лы Междунар. научн.-практич. конф. Ростов н/Д: РГСУ, 2013. С. 55-56.

43. Мкртчян А.М. Расчёт железобетонных колонн из высокопрочного бетона по недеформированной схеме // Научное обозрение. 2013. №11. С. 208-212

44. Мкртчян А.М. Сопротивление железобетонных колонн из высокопрочного бетона кратковременным нагрузкам // Интернет-журнал «Науковедение». 2013. №5 (18). 2013. С. 98-103

45. Мкртчян А.М., Аксенов В.Н. Аналитическое описание диаграммы деформирования высокопрочных бетонов // Эл. журнал

«Инженерный вестник Дона». №3. 2013. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1818>.

46. Мкртчян А.М., Аксенов В.Н. О коэффициенте призмной прочности высокопрочных бетонов // Эл. журнал «Инженерный вестник Дона». №3. 2013. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1817>.

47. Мкртчян А.М., Аксенов В.Н. Проектирование железобетонных конструкций из высокопрочного бетона // «Строительство - 2013»: мат-лы Междунар. научн.-практич. конф. Ростов н/Д: РГСУ, 2013. С. 56-57.

48. Мкртчян А.М., Аксенов В.Н., Маилян Д.Р., Блягоз А.М. Особенности конструктивных свойств высокопрочных бетонов // Новые технологии. 2013. №4. 2013.-Майкоп: изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013.С.36-18.

49. Мкртчян А.М., Маилян Д.Р. Влияние разных факторов на работу железобетонных колонн из высокопрочных бетонов // Интернет-журнал «Науковедение». 2013. №5 (18). С. 104-112.

50. Мулин Н.М., Гуца Ю.П. Арматура и условия ее работы в конструкциях //Бетон и железобетон- 1971.-№ 5.

51. Мурашкин Г.В., Бутенко С.А., Яворский И.Д. А определению диаграммы «а - е» бетона с ниспадающим участком // Железобетонные конструкции. Экспериментально-теоретические исследования. Межвузовский сборник научных трудов- Куйбышев: изд-во Куйбыш. гос. ун-та, 1984. - С. 20-25.

52. Назаренко В.Б. Развитие методов расчета прочности железобетонных элементов: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01-Киев, 1982.

53. Несветаев Г.В. К вопросу нормирования начального модуля упругости бетонов при сжатий // Известия ВУЗов. Строительство- 1997- № 1-2. С. 40-43.

54. Несветаев Г.В. К обоснованию нормирования показателей назначения высокопрочных бетонов при сжатии // Известия РГСУ- 1998 - № 2. - С. 94-102.

55. Несветаев Г.В. К определению деформативных свойств бетона при сжатии // Бетон и железобетон- 1994- № 5. - С. 10-11
56. Несветаев Г.В. К определению уровня длительной прочности бетонов при сжатии // Известия ВУЗов. Строительство- 1996- № 5. - С. 124-127.
57. Несветаев Г.В. Перспективы применения высокопрочных бетонов // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров республики Беларусь.- 7 межд. науч.-метод. семинар Брест, 2001.-С. 313-318.
58. Несветаев Г.В., Тимонов С.А., Кардунян Г.С. Некоторые технологические аспекты высокопрочных бетонов // Совершенствование железобетонных конструкций, оценка их состояния и усиление- Минск: УП Технопринт, 2001.-С. 123-127.
59. Нигмадулина Н.Х. Прочность железобетонных элементов с жестким армированием: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01-Киев, 1981.
60. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций / Под ред. Гвоздева А.А. - М.: Стройиздат, 1978. - 204 с.
61. Новое о прочности железобетона / Под ред. Михайлова К.В.- М.: Стройиздат, 1977. - 272 с.
62. Писанко Г.Н. Исследование прочностных и деформативных свойств высокопрочных бетонов // Труды ЦНИИС, вып.3б- М.: Трансжелдориздат, 1960.
63. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84).- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. - 192 с.
64. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003) [Электронный ресурс].- Электронная библиотека «Строительство», вып. 14 (июнь 2008).- Служба НТИ ЗАО «Современные информационные услуги».

65. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов (к СНиП 2.03.01-84). Часть I. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. - 192 с.
66. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов (к СНиП 2.03.01-84). Часть II. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. - 144 с.
67. Прочность, структурные изменения и деформации бетона / Под ред. Гвоздева А.А. - М: Стройиздат, 1978. - 297 с.
68. Сапожников Н.Я. Надежность сжатых элементов и ее нормирование для железобетонных конструкций // Бетон и железобетон-1988- № 11. - С. 18-20.
69. Свиридов Н.В., Коваленко М.Г. Бетон прочностью 150 МПа на рядовых портландцементях // Бетон и железобетон- 1990.- № 2. - С. 21-22.
70. Свиридов Н.В., Коваленко М.П., Чесноков М.П. Механические свойства особо прочного цементного бетона // Бетон и железобетон- 1991- № 2. - С. 7-9.
71. Семенов А.И., Аржановский СИ. Влияние длительного обжатия бетона на его прочностные и деформативные свойства // Бетон и железобетон-1972.-№12.-С. 34-37.
72. СНБ 5.03.01-02. Бетонные и железобетонные конструкции (строительные нормы республики Беларусь).- М.: Минстройархитектуры, 2003. 139 с.
73. Сухман В.Я. Прочность и жесткость кососжатых железобетонных каркасов промышленных зданий: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01- М., 1986.- 298 с.
74. Тер-Петросян П.А. Материаловедение для строителей (руководство) / П.А.Тер-Петросян, А.М. Асирян, Э.А. Мовсисян, Г.В. Ованнисян, Д.Н. Ованнисян, Э.Р. Саакян, В.В. Петросян. Ереван: Наири, 2005. 616 с.

75. Ходжаев А.А. Экспериментальные исследования и совершенствование методов расчета внецентренно сжатых железобетонных элементов на пористых заполнителях с высокопрочной арматурой: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01.- Ростов-на-Дону, 1989. - 250 с.

76. Шейн А.И. Метод сеточной аппроксимации элементов в задачах строительной механики нелинейных стержневых систем. Автореф. докт. дисс. М., 2004. - 33 с.

77. Щербаков Е.Н. Физические и феноменологические основы прогнозирования механических свойств бетона для расчетов железобетонных конструкций. Автореф. докт. дисс. М., 1987. - 49 с

78. Эйлер Л. Метод нахождения кривых линий, обладающих свойствами максимума, либо минимума. Приложение 1: Об упругих кривых. М., 1934.

79. Ярцев Б. А. Напряжённо-деформированное состояние и устойчивость арок при нелинейной ползучести материала. Дисс. канд. техн. наук. ЛИСИ, 1982.-137 с.

80. Яценко Е.А. Методы расчёта железобетонных конструкций на длительные воздействия с учётом ползучести бетона: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.23.01.-М., 1988. - 185 с.

81. Яшин А.В. Теория прочности и деформаций бетона с учетом его структурных изменений и длительности нагружения. - Новые исследования элементов железобетонных конструкций при различных предельных состояниях. М., 1982. С. 3-24.

82. Красный, Ю.М. Монолитное домостроение / Ю.М.Красный, Д.Ю.Красный // АСВ-УГТУ. - Москва-Екатеринбург, 2010. - 106 с.

83. Комохов, П.Г. Энергетические и кинетические аспекты механики разрушения бетона / П.Г.Комохов, В.П.Попов. - Самара, 2011. - 111 с.

84. Комохов, П.Г. Трещиностойкость в аспекте структурной механики бетона / П.Г. Комохов // Тезисы докл. IV междунар. конфер. «Проблемы прочности материалов и сооружений на транспорте». -

С.Петербург. СПГУПС,. Кунцевич, О.В. Бетоны высокой морозостойкости для сооружений Крайнего Севера. - Л.: Стройиздат: Ленингр.отд-ние. 2013. - 132 с. -Библиогр.: с. 126-130.

85. Курочка, П.Н. Прочность бетона на мелких песках с тонкодисперсными добавками / П.Н. Курочка, А.В. Гаврилов / XV Академические чтения РААСН / Казан, гос. арх.-строит. ун-т. - Казань, 2010. -Т.1.- С. 243-246.

86. Ларионова, З.М. Формирование структуры цементного камня и бетона / З.М. Ларионова. - М.: Стройиздат, 2011. - 161 с.

87. Лермит, Р. Проблемы технологии бетона / Р. Лермит. - М.: Госстройиздат, 2009.-126 с.

88. Матвеева, О.И. Бетоны с модификатором ПФМ-НЛК для железобетонных конструкций, работающих в суровых условиях / О.И. Матвеева, Г.Д. Федорова, Н.К. Розенталь // Строительные материалы. 2012. - №10. -С. 10-11.

89. Невилль, А.М. Свойства бетона: пер. с англ. - М.: Изд-во лит-ры по стр-ву, 2012.-344 с.

90. Руденко, И.Ф. Эффективность использования цементов в бетонах с учетом их потребительских свойств / И.Ф. Руденко // Бетон и железобетон. 2015.-№4.-С. 29-31.

91. Салов, А.С. Вопросы эффективности применения высокопрочных бетонов в железобетонных конструкциях / А.С. Салов, В.В. Бабков, Г.С. Колесник и др. // Жилищное строительство №11 Изд-во «Строительные материалы» - М, 2009. - С. 43-47.

92. Санников, И.В. Монолитные перекрытия зданий и сооружений / И.В.Санников, В.А. Величко. - Киев: Буддвельник, 2011. - 152с.

93. Сахибгареев, Р.Р. Конструкции и изделия повышенной прочности, ударной стойкости и долговечности из бетонов с демпфирующими компонентами (исследование свойств бетонов и внедрение в производство) / В.Н.Мохов, Р.Р.Сахибгареев, А.И.Габитов и др. //

Башкирское областное управление ВНТО стройиндустрии. - Уфа, 2018. - 70 с.

94. Семченков, А.С. Научные конструктивные решения многоэтажных зданий. Часть 1 / А.С.Семченков // Технологии бетонов. 2007. — №3. -С. 40-43.

95. Сизов, В.П. Проектирование составов тяжелого бетона / В.П. Сизов // -М.: Стройиздат, 2011. - С. 46-49.

96. Бабков, В.В. Рациональные области применения модифицированных бетонов в современном строительстве /В.В. Бабков, Р.Р. Сахибгареев, А.С.Салов и др. // Строительные материалы. - М, 2006. - №10. - С. 2- 4.

97. Ахвердов, И.Н. Высокопрочный бетон / И.Н. Ахвердов. — М.: Стройиздат, 2011. - 162 с.

98. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. — М.: Стройиздат, 2010. -464 с.

99. Бабаев, Ш.Т. Эффективность вяжущих низкой водопотребности и бетонов на их основе / Ш.Т. Бабаев, Н.Ф. Башлыков, Б.Э. Юдович // Бетон и железобетон. 2005. - № 4. — С. 3-6.

100. Бабков, В.В. Сталефибробетон в производстве и применении конструкций насыпных арочных мостов и водопропускных труб на автодорогах / В.В. Бабков, Ш.Х. Аминов, И.Б. Струговец, П.Г. Комохов и др. // Строительные материалы, 2008. - №6. - С. 2-5.

101. Баженов, Ю.М. Получение бетона заданных свойств / Ю.М.Баженов, Г.И. Горчаков, Л.А. Алимов, В.В. Воронин. -М.: Стройиздат, 2008. - 53 с.

102. Баженов, Ю.М. Высокопрочный бетон на основе суперпластификаторов / Ю.М.Баженов, Ш.Т.Бабаев, А.И.Груз и др. // Строительные материалы. 2008. - №9. - С. 18-19.

103. Батраков, В.Г. Применение суперпластификаторов в бетоне: обзор сер. / В.Г. Батраков, Ф.М. Иванов, Е.С. Силина, В.Р. Фаликман // Строительные : материалы и изделия ВНИИСТ. - М, 2012. - 59 с.
104. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. - 2-е изд., перераб. и доп. / В.Г. Батраков. - М, 2008. - 768 с.
105. Батраков, В.Г. Модификаторы бетона: новые возможности и перспективы / В.Г.Батраков // Строительные материалы. - М, 2006. — №10. - С. 4-7.
106. Батудаева, А.В. Высокопрочные модифицированные бетоны из самовыравнивающихся смесей / А.В. Батудаева, Г.С. Кардумян, С.С. Каприелов // Бетон и железобетон. 2005. - №4. - С. 14-18.
107. Башлыков, Н.Ф. Комплексные пластифицирующе-ускоряющие добавки на основе суперпластификатора С-3 и промышленных смесей тиосульфата и роданида натрия / Н.Ф.Башлыков, А.Я.Вайнер, Р.Л.Серых, В.Р.Фаликман // Бетон и железобетон. 2004. - №6. - С. 13-17.
108. Берг, О.Я. Физические основы прочности бетона и железобетона / О.Я. Баженов. - М.: Госстройиздат, - 2012. - 96 с.
109. Берг, О.Я. Высокопрочный бетон / О.Я. Берг, Ю.Н. Щербаков, Г.Н. Писанко. -М.: Стройиздат, 2011.-208 с.
110. Берг, О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона / О.Я. Берг // учебник. - М. 2014.
111. Воробьев, В.А. Применение физико-математических методов в исследовании свойств бетона / В.А.Воробьев, В.К.Кивран, В.П.Корякин. М.: Высшая школа, 2007. - С. 25-28.
112. Гордон, С.С. Структура и свойства тяжелых бетонов на различных заполнителях / С.С. Гордон. - М.: Стройиздат, 2009. — 151 с.
113. Калашников, В.И. Перспективы использования реакционнопорошковых сухих бетонных смесей в строительстве / В.И. Калашников // Строительные материалы. - М, 2009. - № 7. - С.59-60.

114. Калашников, В.И. Расчет составов высокопрочных самоуплотняющихся бетонов / В.И. Калашников // Строительные материалы. - М, 2008. - № 10. - С.4-6.
115. Каприелов, С.С. Влияние структуры цементного камня с добавками микрокремнезема и суперпластификатора на свойства бетона / С.С.Каприелов, А.В.Шейнфельд, Ю.Р.Кривобородов // Бетон и железобетон. 2012. - №7. - С. 4-7.
116. Каприелов, С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов / С.С. Каприелов // Бетон и железобетон. 2015. - № 4. - С. 16-20.
117. Каприелов, С.С. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива / С.С.Каприелов, В.Г.Батраков, А.В.Шейнфельд // Бетон и железобетон. 2011. - №6. - С.6-10.
118. Каприелов, С.С. Влияние органоминерального модификатора МБ-50С на структуру и деформативность цементного камня и высокопрочного бетона / С.С. Каприелов, Н.И.Карпенко, А.В.Шейнфельд, Е.Н.Кузнецов // Бетон и железобетон. 2013. - №3. - С. 2-7.
119. Каприелов, С.С. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «Москва-Сити» / С.С. Каприелов, В.И. Травуш, Н.И. Карпенко, и др. // Строительные материалы. - М, 2006. - №10. - С. 13-17.
120. Каприелов, С.С. Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкциях. Часть II / С.С. Каприелов, В.И. Травуш, Н.И. Карпенко и др. // Строительные материалы. - М, 2008. - №3. -С. 9-13.
121. Кардумян, Г.С. Новый органоминеральный модификатор серии МБЭмбэлит для производства высококачественных бетонов / Г.С.Кардумян, С.С.Каприелов // Строительные материалы. 2005. - №8. - С. 12-15.
122. Карпенко, Н.И. Общие модели механики железобетона / Н.И. Карпенко. -М.: Стройиздат, 2016.-416 с.

123. Несветаев, Г.В. Эффективность применения суперпластификаторов в бетонах / Г.В. Несветаев // Строительные материалы. 2016. - №10. -С. 23-25.
124. Нилендер, Ю.А. Поверхностная прочность бетона и связь ее с появлением трещин / Ю.А. Нилендер // Труды конференции по коррозии бетона / АН СССР, 2017.-284 с.
125. Олюнин, П.С. Дисперсное армирование цементных композитов полимерными волокнами / П.С.Олюнин // Бетон и железобетон, 2009. - №1.- С. 21-24.
126. Петрова, Т.М. Современные модифицирующие добавки в бетоны / Т.М. Петрова, О.М. Смирнова // XV Академические чтения РААСН / Казан, гос. арх.-строит. ун-т. -Казань, 2010. -Т. 1. - С. 247-252.
127. Подвальный, А.М. О собственных напряжениях, возникающих в замораживаемом бетоне / А.М. Подвальный // Инженерно-физический журнал. 2013. - Т. XXV. - №2. - С. 16-19. 8
128. Пономарев, А.А. Нанобетон: концепция и проблемы / А.А.Пономарев // Строительные материалы. 2007. - №6. - С. 69-71.
129. Попов, В.П. Анализ действия «эффекта Ребиндера» при разрушении бетона и оценке эффективности применения химических добавок / В.П. Попов, А.Ю. Давиденко // Известия ВУЗов. Строительство, 2006. - № 1112.-С. 11-15.
130. Попов, В.П. О влиянии пористости бетона на критические напряжения, возникающие в устьях трещин / В.П. Попов, А.Ю. Давиденко // Строительный вестник Российской инженерной академии. 2007. -№8.-С. 19.
131. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003) / ЦНИИПромзданий, НИИЖБ М.: ОАО ЦНИИПромзданий, 2005. - 214 с.
132. Шейкин, А.Е. К вопросу прочности, упругости и пластичности бетонов / А.Е. Шейкин // Труды МИИТа, - вып. 69. 2006. - С. 48-55.

133. Юсупов, Р.К. Физико-химическая теория прочности бетонов / Р.К. Юсупов // Строительные материалы. Оборудование. Технологии XXI века. 2005.- №9.- С. 38-40.
134. Яшвили, А.И. К вопросу о прочности бетона в зависимости от цементно-водного фактора / А.И. Яшвили // Строитель, 2016. - № 19. -С. 21-26.
135. Пухаренко, Ю.В. Наноструктурирование воды затворения как способ повышения эффективности пластификаторов бетонных смесей / Ю.В. Пухаренко, В.А. Никитин, Д.Г. Летенко // Строительные материалы, 2006. - №8.-С. 11-13.
136. Пухаренко, Ю.В. Высокопрочный сталефибробетон / Ю.В. Пухаренко, В.Ю. Голубев // Промышленное и гражданское строительство. 2007. - №9. -С. 40-41.
137. Пухаренко, Ю.В. Расчет изгибаемых элементов с высокопрочной арматурой с фибровым армированием растянутых зон / Ю.В. Пухаренко, В.И. Морозов, Э.К. Опбул // Промышленное и гражданское строительство. 2007.-№2.-С. 36-39.
138. Пшеничный, Г.Н. Проблемы бетоноведения и технологии бетона / Г.Н. Пшеничный, В.С. Лесовик // Изв. вузов. Строительство, 2007. - №1. - С. 49-54.
139. Рабинович, Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции / Ф.Н. Рабинович. - М.: Издательство АСВ, 2004. - 560 с.
140. Рамачандран, В. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение / В. Рамачандран, Р. Фельдман, Дж. Бодуэн: пер. с англ. Т.И. Розенберг, Ю.Б. Ратиновой, под ред. В.Б. Ратинова. - М.: Стройиздат, 2016. - 278 с
141. Рамачандран, В. Добавки в бетон: справочное пособие / В.С. Рамачандран, Р.Ф. Фельдман, М. Коллепарди и др.; под ред. В.С. Рамачандрана //- М.: Стройиздат, 2018. - 575 с.

142. Ратинов, В.Б. Добавки в бетон / В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. - М.: Стройиздат, 2009. - 188 с. -Библиогр.: с. 177-186.
143. Рекомендации по рациональному применению конструкций из монолитного бетона для жилых и общественных зданий / ЦНИИЭПжилища. -М.: Стройиздат, 2013. - 58с.
144. Сахибгареев, Р.Р. Управление структурой и применением модифицированных цементных бетонов: научное издание / Р.Р.Сахибгареев / - УГНТУ. - Уфа, 2010. - 130 с.
145. Сахибгареев, Р.Р. Управление структурой и применением модифицированных цементных бетонов: научное издание / Р.Р.Сахибгареев / - УГНТУ. - Уфа, 2010. - 130 с.
146. Скрамтаев, Б.Г. Способы определения состава бетона различных видов / Б.Г. Скрамтаев, П.Ф. Шубенкин, Ю.М. Баженов // - М.: Стройиздат, 2016. - С. 72-76.
147. Степанова, В.Ф. Влияние добавок микрокремнезема на коррозионную стойкость арматурной стали в бетоне / В.Ф. Степанова, С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, П.И. Барыкин // Бетон и железобетон. 2013. - № 5. -С. 28-30.
148. Тихонов, И.Н. Эффективная стержневая арматура для железобетонных конструкций / И.Н.Тихонов, В.З.Мешков, Г.Н.Судаков // Бетон и железобетон. 2004. - №5. - С. 18-23.
149. Угинчус, Д.А. Бетоны с модифицированной пористостью для водохозяйственных сооружений: автореф. дис. д-ра техн. наук. - Л. 2017. -42 с.
150. Ушеров-Маршак, А.В. Химические добавки в бетон / А.В. УшеровМаршак // Химические и минеральные добавки в бетон. - Харьков: Колорит, 2005. - С. 24-39.
151. Ушеров-Маршак, А.В. Добавки в бетон: прогресс и проблемы // Строительные материалы. 2006. - №10. — С. 8-12.

152. Фаликман, В.Р. Физико-химические предпосылки поиска и разработки новых химических добавок для совершенствования технологии бетона / В.Р. Фаликман // Совершенствование технологии бетона за счет применения новых химических добавок. — М.: МДНТП, 2014. — с. 71.

153. Фаликман, В.Р. Строительно-технические свойства особовысокопрочных быстротвердеющих бетонов / В.Р.Фаликман, Ю.В.Сорокин, О.О.Калашников // Бетон и железобетон. 2004. - №5. -С. 5-10.

154. Фаликман, В.Р. «Внутренний уход» за особовысокопрочными быстротвердеющими бетонами / В.Р. Фаликман, Ю.В. Сорокин, О.О. Калашников // Технологии бетонов. 2006. - № 5 (10). - С. 46-48.

155. Мандриков, А.П. Примеры расчета железобетонных конструкций. Учеб. пособие для техникумов. - 2-е изд. / А.П. Мандриков // - М.: Стройиздат, 2009. - 506 с.

156. Мощанский, Н.А. Плотность и стойкость бетонов / Н.А. Мощанский, А.В. Конов// -М, 2011.-С. 175.

157. Мурашкин, Г.В. Совершенствование монолитного безригельного перекрытия / Г.В. Мурашкин, СМ. Анпилов, В.Г.Мурашкин, В.И. Фролов // Сб. Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте. - Самара, 2002, — С. 99.

158. Мурашкин, В.Г. Влияние усадочных деформаций на работу безригельного монолитного перекрытия / Г.В. Мурашкин // Актуальные проблемы современного строительства: материалы Всероссийской XXXI научно-технической конференции. — Пенза, 2011.

159. Отчет о научно-исследовательской работе подбор составов бетонной смеси: м250, 300, 400 с применением микрокремнезема с привязкой к местным материалам Х.Д. № 011/15

160. СП 20.13330.2018 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456069588>

161. СП 63.13330.2016 Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084848>
162. Иващенко Ю.Г. Оценка влияния минеральных добавок природного и техногенного происхождения на кинетику формирования прочности мелкозернистого бетона/ Ю.Г. Иващенко, Н.А. Козлов, Д.К. Тимохин// -М, 2011.-С. 25-29.
163. Мкртчян А.М. Железобетонные колонны из высокопрочного бетона на материалах Республики Армении: автореф. дис. канд. тех. наук:05.23.01./ Мкртчян Аксель Мгерович. – Ростов-на-Дону. – 203. – 24с
164. Held M., Konig G. Ductility of Large High-Strength Concrete Columns in High Rise Buildings // High Strength Concrete, Lillehammer, Norway-1993. P. 200-208.
165. Mehdi Sadeghi e Habashi. Ultra high performance and high early strength concrete [Текст] // "36th Conference on Our World in Concrete & Structures". - Singapore, 2011.
166. Metin Husem, Selim Pul. Investigation of stress-strain models for confined high strength concrete [Текст] // "Sadhana" Vol. 32, Part 3, June 2007, pp. 243-252. - India.
167. Hellmann H.G. Beziehungen zwischen Zug-und Druckfestigkeit des Betons // «Beton», 19, Jg., H. 2, 1962.
168. Beglov A.D., Sangarovski R.S. Construction calculation non-linear theory and European codes. - XXXII Summer School-Conference "Advanced Problems in Mechanics". 2004, St.-Petersburg, Russia.
169. Chuang P.H., Kong F.K. Large-Scale Tests on Slender, Reinforced Concrete Columns. - The Structural Engineer. Vol.75, №23-24, 1997. P. 410-416.
170. Claeson C. Structural behavior of reinforced high-strength Concrete Columns. Geteborg, 1998. — 221 s.

171. El-mahadi, A. Rheological Properties, Loss of Workability and Strength Development of High-Strength Concrete [Текст] / El-mahadi Ahmed-London: MSc. University of London, 2002.
172. Leaderman H. Elastic and creep properties of filamentous and other high polymers. Textile Foundation. Washington, 1943.
173. Ngo D., Scordelis A.C. Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Beams. - ACJ Journal. Vol.64, №3, 1967. P. 152-163.
174. Rasch Chr. Spannungs-Dehnungs-Linien des Betons und Spannungsverteilen in der Biegerdruckzone bei konstanter Dehngeschwindigkeit. - Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Heft 154. 1962.
175. Rusch H., Sell R., Rasch Chr. Festigkeit und Verformung von unbewehrten Beton unter konstanter Dauerlast. - Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Heft 198, 1968.
176. Halasz I. Deformations in concrete // Proceedings of the Technical University of Building and Transport Engineering, vol. XII, № 6 - Budapest, 1967.
177. Mkrtchyan A.M., Mailyan D.R., Aksenov V.N. Experimental study of the structural properties of high-strength concrete // 5th International Scientific Conference "European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches": Papers of the 5th International Scientific Conference. August 26-27, 2013, Stuttgart, Germany. 2013. P.81-87.
178. Alford, N.M. A Theoretical Argument for the Existence of High Strength Cement Pastes / N.M. Alford // Cem. and Concr. Res. 1981. - V. 11. - №4. - P. 605-610.
179. Bromham, S.B. Superplasticizing admixtures in high strength concrete / S.B. Bromham // Symp. Concr. Eng.; Eng. Concr., Brisbane, 2017. - Barton. -P. 17-22.
180. Grimm, R. Hochfester Beton - Schubtragverhalten von Bauteilen ohne und mit Schubbewehrung, Abschlussbericht für den Deutschen Beton Verein / R. Grimm // e. V. und die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), 2004.

181. Hewlett, P. Superplasticized concrete / P: Hewlett, R. Rixom // American Concrete Institute Journal. 2007. - Vol. 74. - № 5. - P. 6-11.
182. Horovitz, I. Effect of plasticizing admixtures upon the rheological properties and the hardening of concrete / Horovitz L, Kalmar Z., Tamas F. // Silicat. Ind. 2009.-Vol. 44. -№ 4-5. -P.107-108.
183. Kishitani, K. Engineering properties of superplasticized concretes / K. Kishitani, H. Kasami, M. Lizuka, T. Ikeda // Amer. Concr. Inst. 2011. -P. 233-252.
184. König, G. Zur Rissbreitenbeschränkung im Stahlbetonbau / G.König, E.Fehling // Beton und Stahlbetonbau. 2008. - Heft 6. - p. 161-167
185. Malhotra, V.M. Superplasticizers: their effect on- fresh and hardened concrete / V.M. Malhotra // CANMET Rept. Canada. 2009. - P. 23.
186. Marzouk, H. Experimental Investigation on the Behavior of High-Strength Concrete Slabs / H. Marzouk //ACI Structural Journal. - V. 88. - No. 6 Nov.Dec. 2011.-p. 701-713.
187. Aoyawa H., Noguchi H. Mechanical properties of concrete under load cycles idealizing seismic actions // Comité Euro-International du béton. Bulletin d'information 131, Rome, 2009.
188. Технология КУБ-2,5 [Электронный ресурс]. – интернет сайт – Режим доступа: <http://www.kubstm.ru/technology>

Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема

Выполнил: Сазнов К.В., гр.37-3
Научный руководитель: Шибеева Г.Н.

Актуальность. Особенности конструирования железобетонных конструкций

представляют собой большой интерес для возведения многоэтажных зданий. Одним из путей снижения затрат на материалы для многоэтажных жилых домов является сокращение количество применяемой арматуры в конструкции за счет использования бетонов повышенной прочности с микрокремнеземом. Применение перекрытия из бетона с микрокремнеземом В25–В40 отвечает современным требованиям архитектуры и строительства, позволяет сократить сроки возведения многоэтажных зданий.

В развитии и совершенствовании железобетонных конструкций из бетона с микрокремнеземом, в исследованиях технологических процессов, в разработке технологического оборудования, изучения несущей способности приняли участие многие отечественные и зарубежные ученые: С.С. Каприелов, А.М. Мкртчян, В.М. Колбасов, Б.Я. Трофимов, А.В. Шейнфельд, А.С. Салов, А.А. Гвоздев, О.Я. Берг, В.И. Мурашев, В.М. Бондаренко, П.И. Васильев, А.К. Малмейстер, С.Е. Фрайфелда, С.В. Александровского, Г.А. Гениева, Andersson J. L., Baumann T., Boll K., Brook G., Craemer H., Corley B., Duddeck H., Elstner R. C, Hognestad E., Hawkins N. M., Grimm R.

Цель работы – исследовать напряженно-деформированное состояние (НДС) несущих конструкций с микрокремнеземом многоэтажного жилого здания в сравнении с типовым.

Задачи:

- обобщить и проанализировать литературный обзор с отечественным и зарубежным опытом конструкторских разработок;
- найти способы выявления анализа закономерности изменения напряженно-деформированного состояния изучаемых конструктивных –форм в зависимости от статических и геометрических параметров;
- провести анализ конструктивных решений многоэтажных железобетонных зданий и выявить показатели, влияющие на снижение материалоемкости.

Объектом исследование является жилое многоэтажное здание.

Предмет исследования – перекрытия жилых многоэтажных зданий из бетона с микрокремнеземом в сравнении с типовым.

Научная новизна

–выявлены закономерности влияния статических и геометрических параметров на напряженно-деформированное состояние перекрытия;

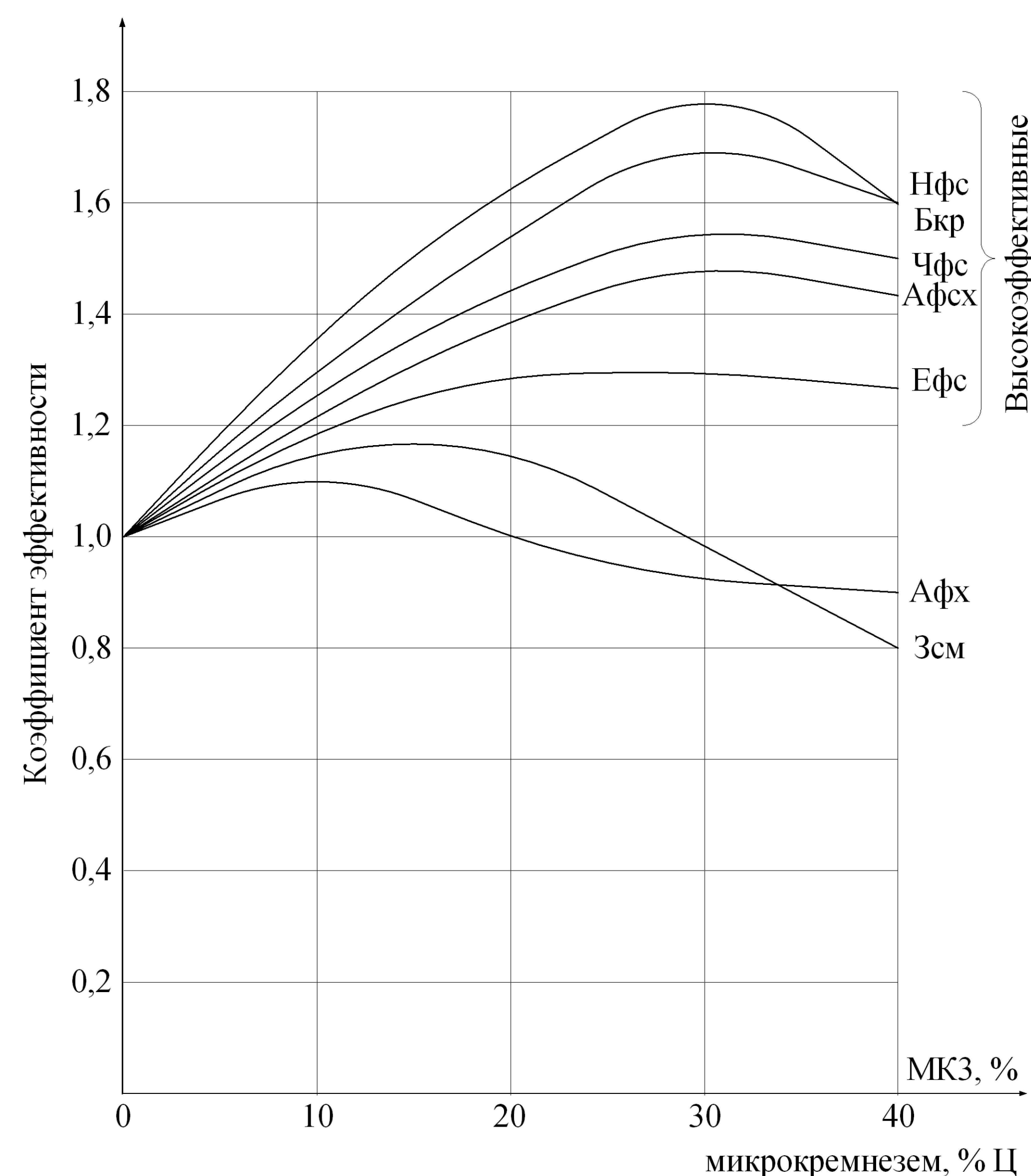
– на основе численных методов установлены основные прочностные и деформационные свойства перекрытий из бетонов с микрокремнеземом В25–В40 многоэтажных зданий;

– научно обоснован принцип управления структурой и свойствами цементного камня в бетонах за счет введения заданного количества микрокремнезема, обеспечивающего требуемые прочность, плотность и долговечность цементного камня.

Практическая ценность :

- проведен подбор составов бетонных смесей разных классов с микрокремнеземом
- проведен анализ материаловосберегающих и энергосберегающих решений и определить экономический эффект от применения бетона с микрокремнеземом при строительстве многоэтажных зданий.
- проведены численные эксперименты в программе SCAD Office элементов многоэтажного жилого здания в сравнении с типовым.

Характеристики микрокремнезема разных марок



$$K_3 = \frac{R_i}{\sqrt{100 \cdot [C_i + 32(C_i + C_k)]}}$$

где R_i — прочность бетона в образцах с микронаполнителями относительно прочности контрольного образца с СП-1, %;

C_i — расход цемента в образцах с микронаполнителями относительно расхода цемента в контрольном образце с СП-1, %;

32 — коэффициент снижения расхода цемента при введении СП-1, определяемый по формуле[69,70]:

$$K_{Ц} = 100 \frac{C_0 - C_k}{C_0 C_k}$$

где C_0 , C_k — расход цемента в контрольных образцах, соответственно, без добавки и с СП-1, кг;

C_k — дозировка СП-1 в контрольном образце, равная 0,5%;

C_0 — дозировка СП-1, необходимая для придания смесям с микронаполнителями подвижности, равной контрольным образцам, %.

$$R = K \left(\frac{S}{СИ} \right)^2 \left(\frac{B - 0,5 \cdot \alpha \cdot Ц}{10 \cdot C} \right)^2 \%$$

где K — коэффициент, учитывающий разницу молекулярных масс SiO_2 и $Ca(OH)_2$;

S — абсолютное содержание SiO_2 в составе смешенного вяжущего, %;

$СИ$ — содержание портландцемента в цементном камне без кремнезема принимается равным 15%;

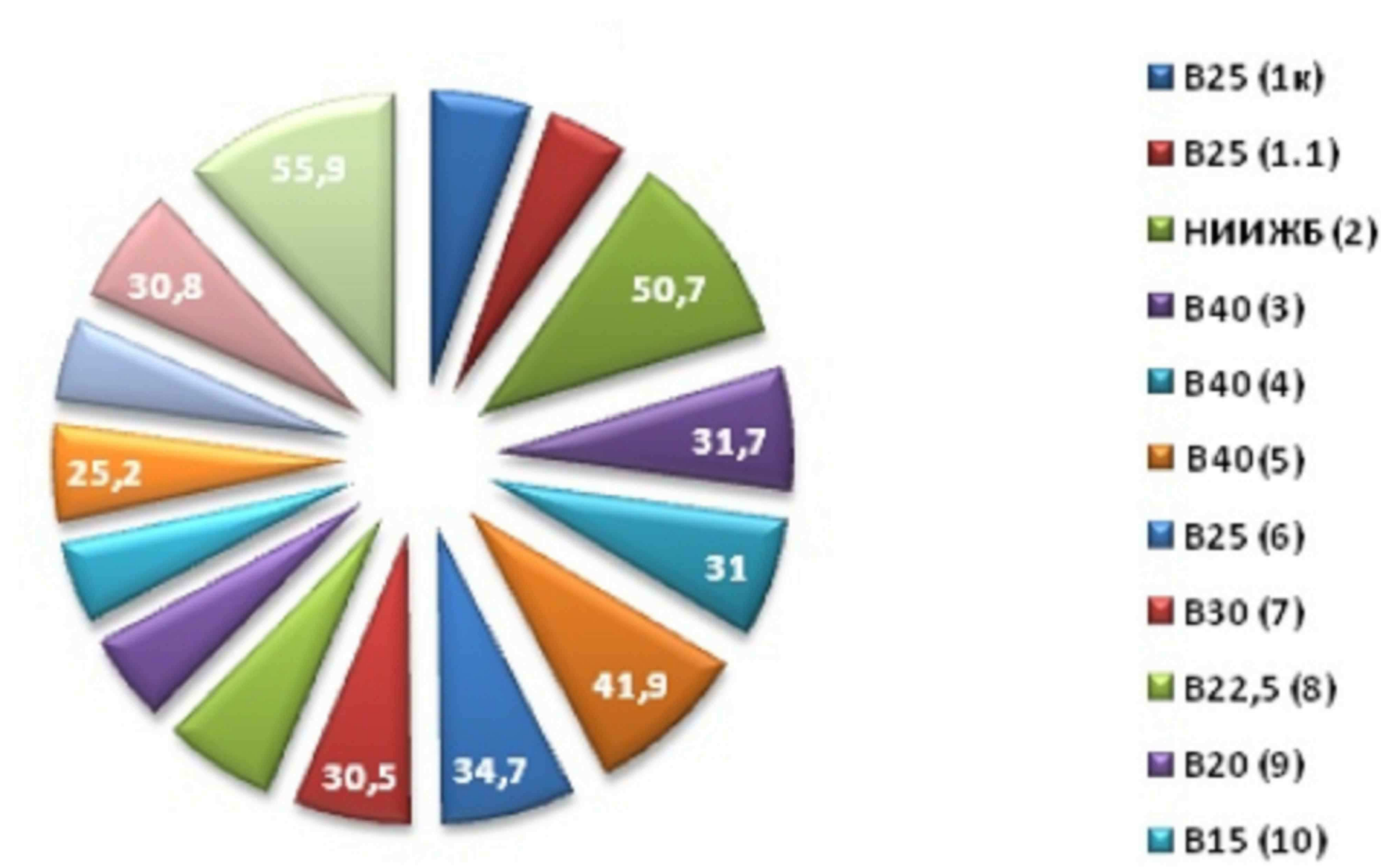
α — степень гидратации портландцемента, %;

C — дозировка кремнезема МКЗ, % Ц.

Исходные данные испытываемых моделей

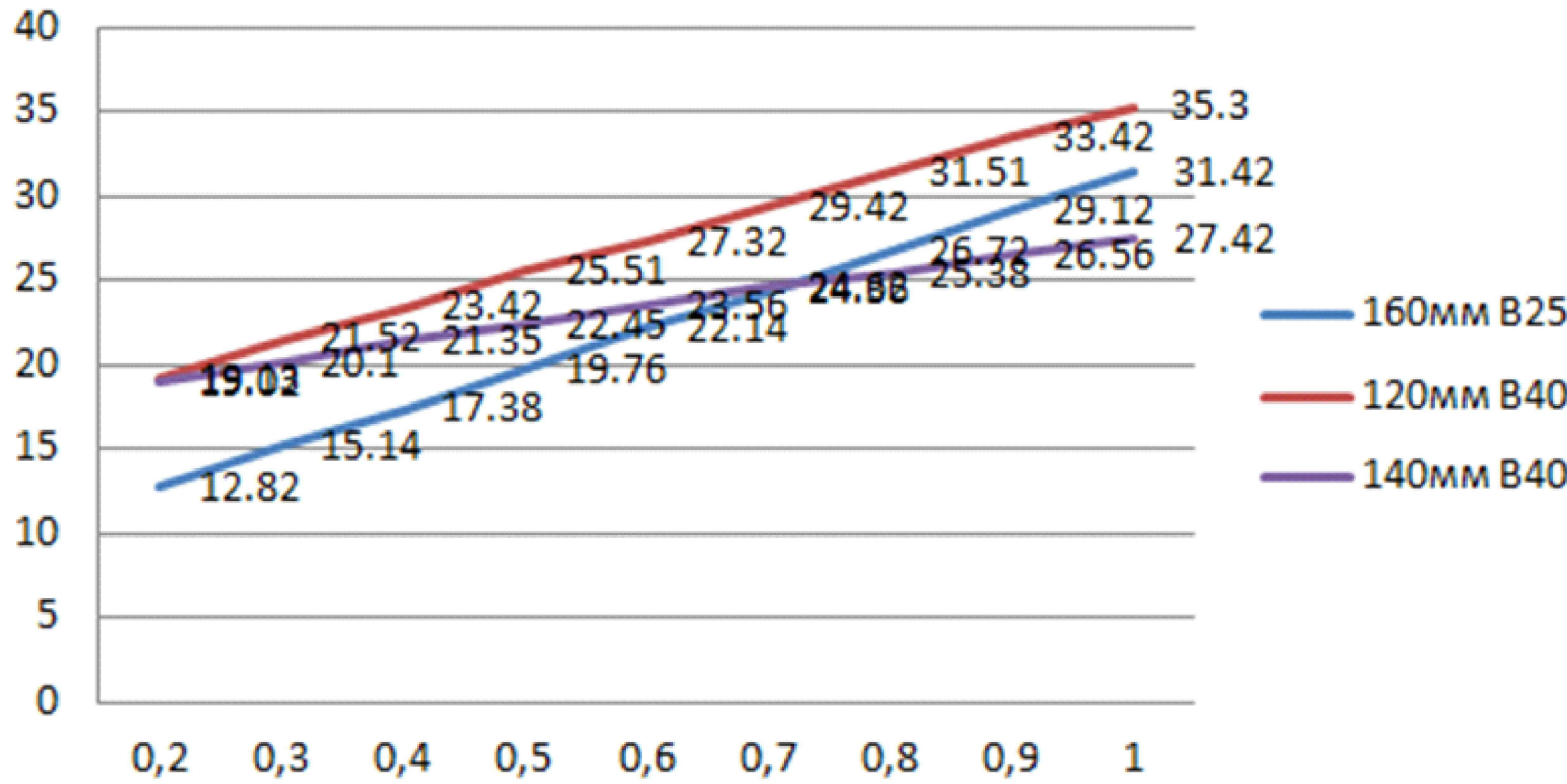
Наименование		Модель 1	Модель 2	Модель 3	Модель 4
Сечение		160	160	140	120
Бетон		B25	B25	B40	B40
Цемент (кг/м3)		360	200	231	231
Микрокремнезем (кг/м3)		-	40	40	40
Песок (кг/м3)		840	897	776	776
Щебень фр. 5-20мм (кг/м3)		1060	1060	1194	1194
Вода (кг/м3)		180	200	188	188
Арматура Верхнего сечения	Продольная	A400 Ø12	A400 Ø12	A400 Ø10	A400 Ø10
	Поперечная	A240 Ø12	A240 Ø12	A400 Ø10	A400 Ø10
Арматура Нижнего сечения	Продольная	A400 Ø14	A400 Ø14	A400 Ø10	A400 Ø10
	Поперечная	A240 Ø14	A240 Ø14	A400 Ø10	A400 Ø10

Прочность после ТВО



Суммарная зависимость

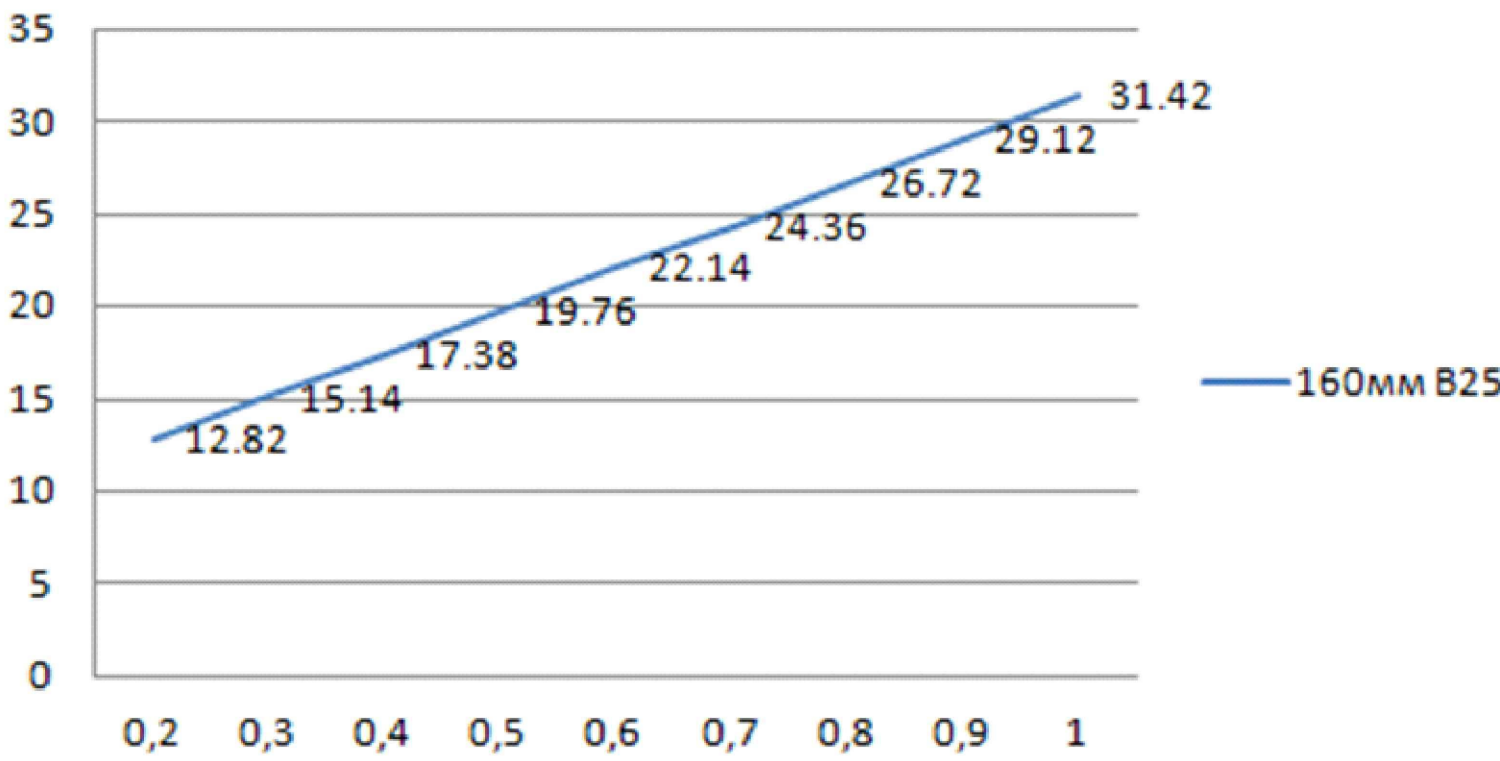
Зависимость прогибов плиты,мм



Согласно, расчетам программы SCAD установлено, что среднее значение прогиба у плиты перекрытия модели 1 и 2 , минимальный прогиб у плиты перекрытия модели 3, максимальный прогиб у плиты перекрытия модели 4, но меньше допустимого согласно $2 h/500$, где h –высота многоэтажных здания .

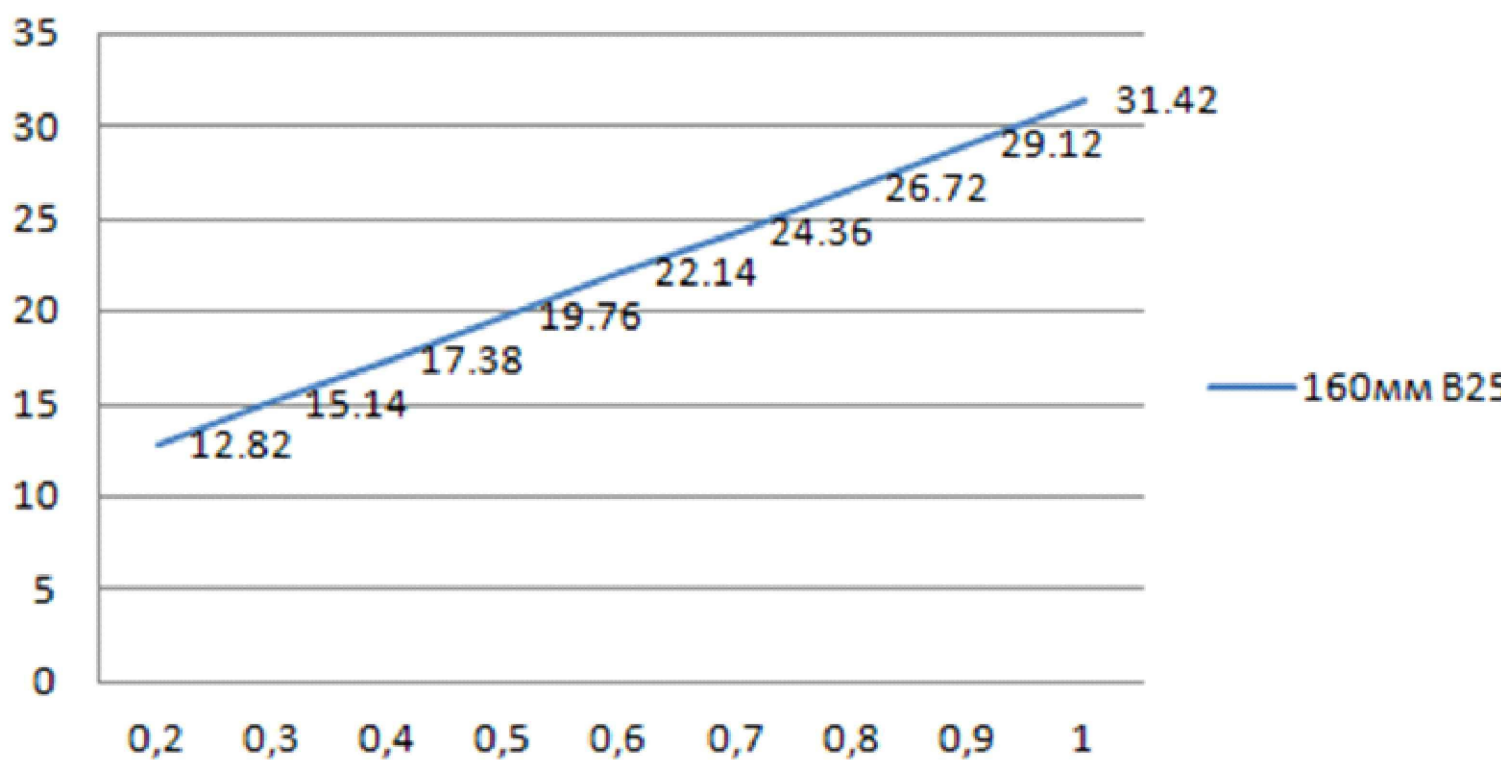
Модель №1

Зависимость прогибов плиты,мм



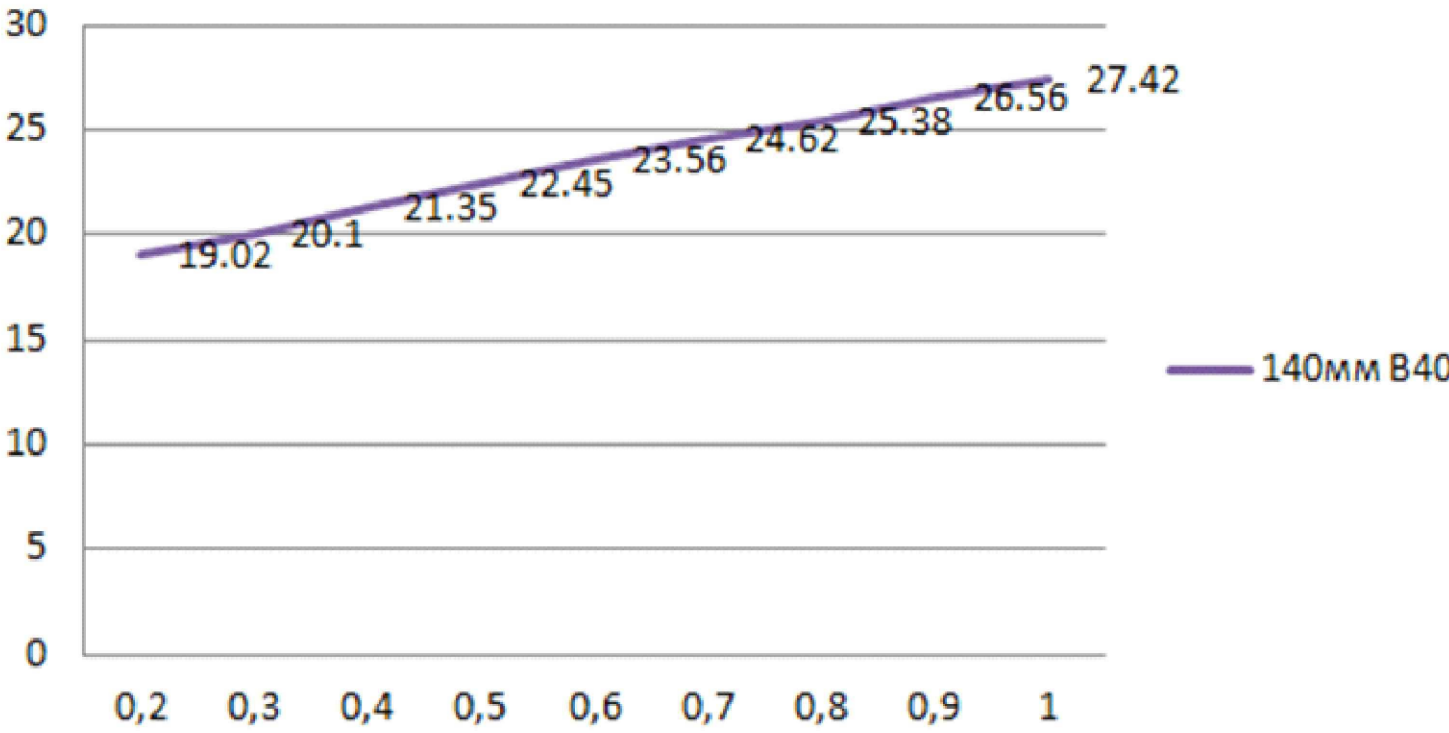
Модель №2

Зависимость прогибов плиты,мм



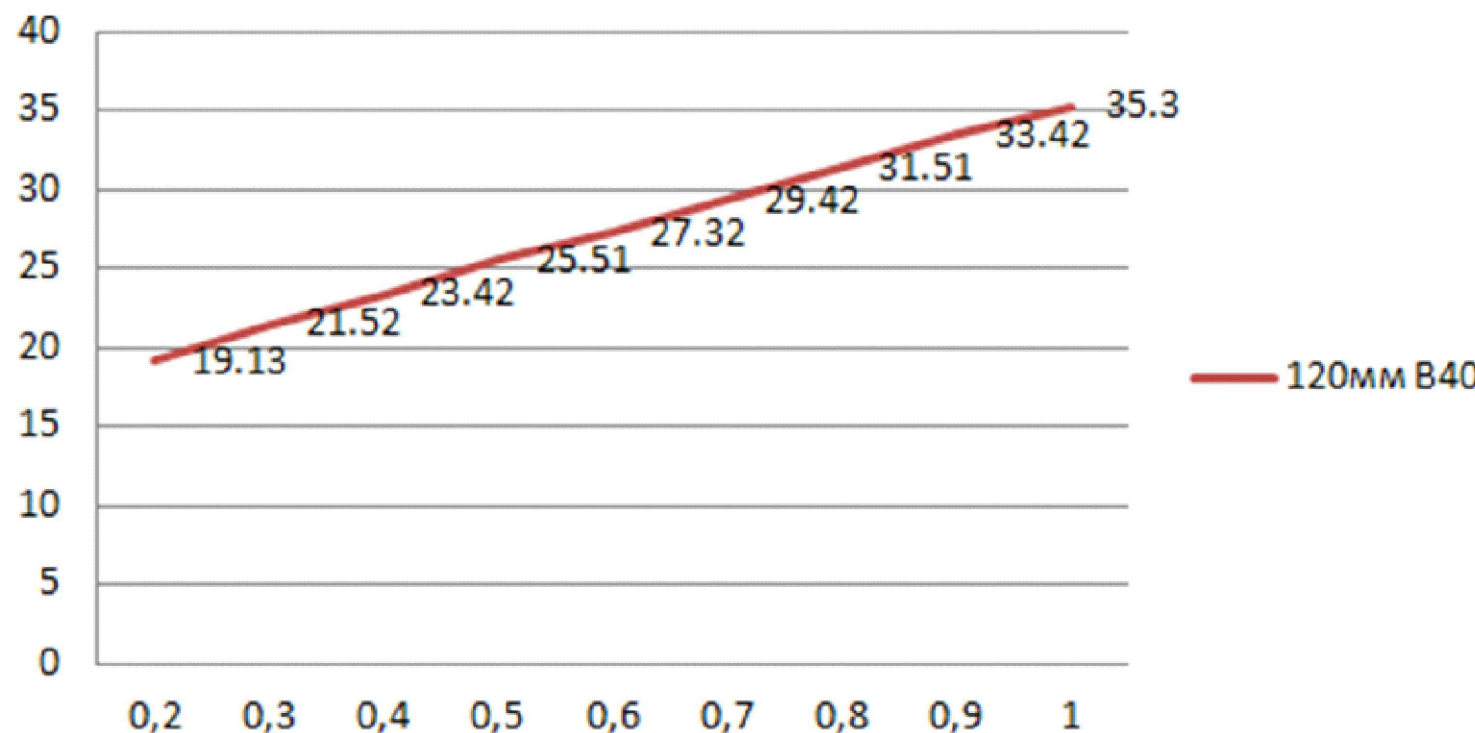
Модель №3

Зависимость прогибов плиты,мм

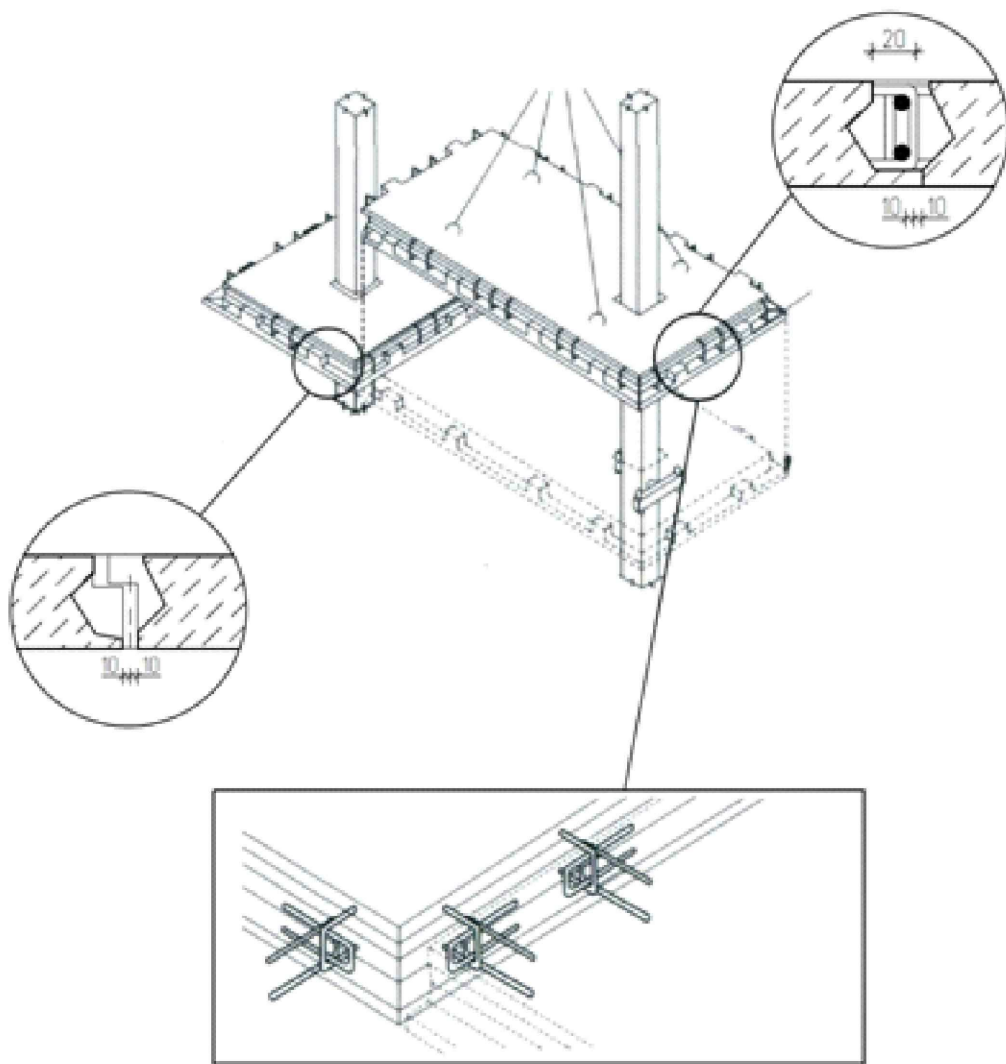
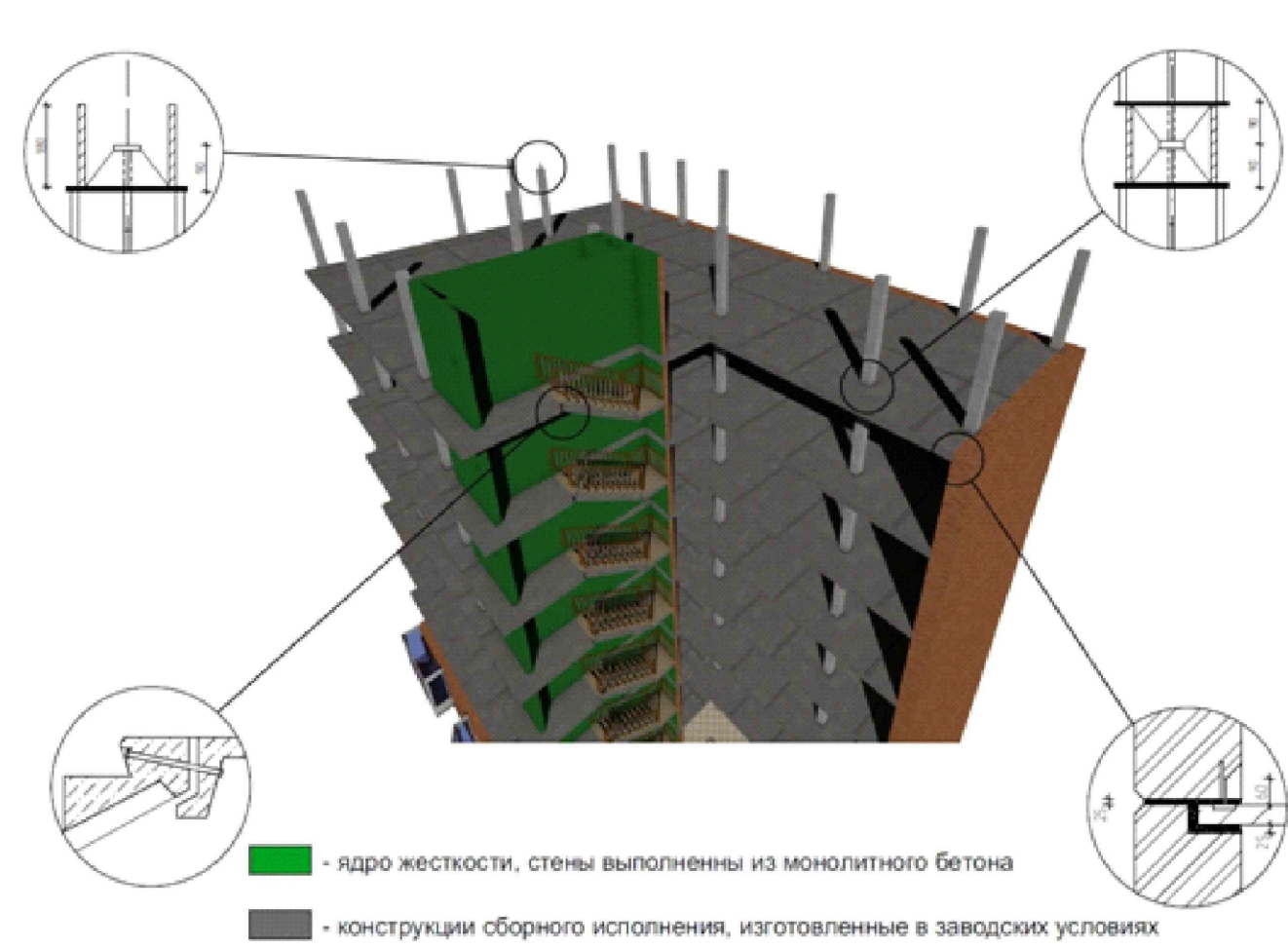


Модель №4

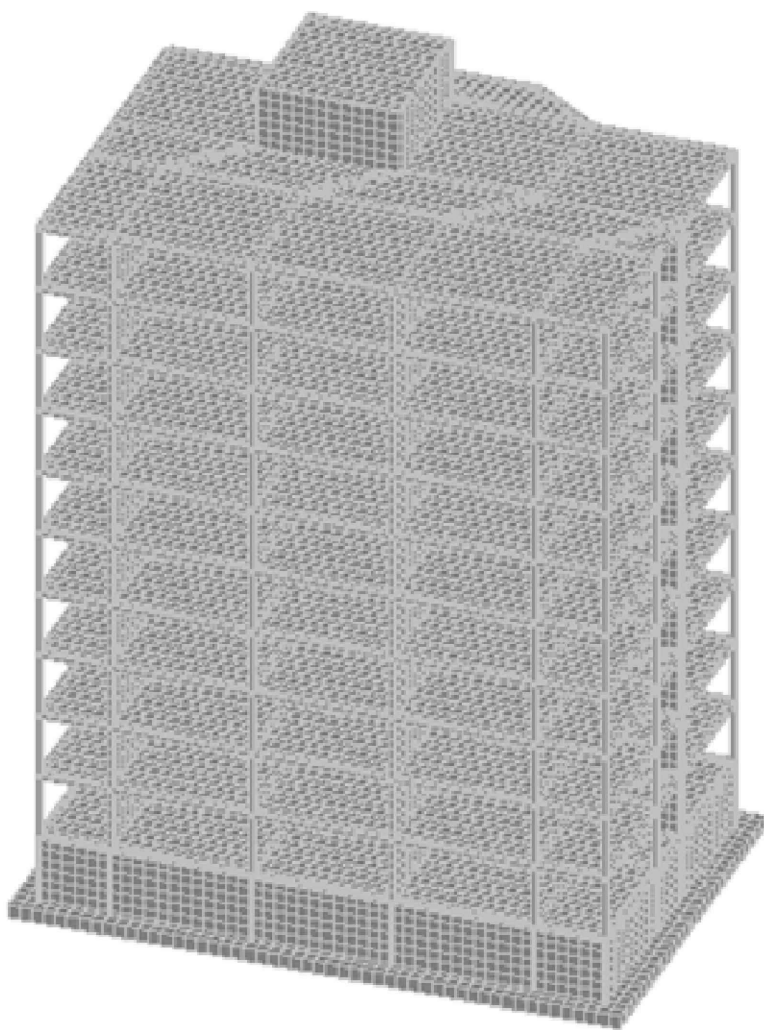
Зависимость прогибов плиты,мм



Конструктивное решение исследуемого здания КУБ 2,5



Расчетная схема многоэтажного здания КУБ 2,5

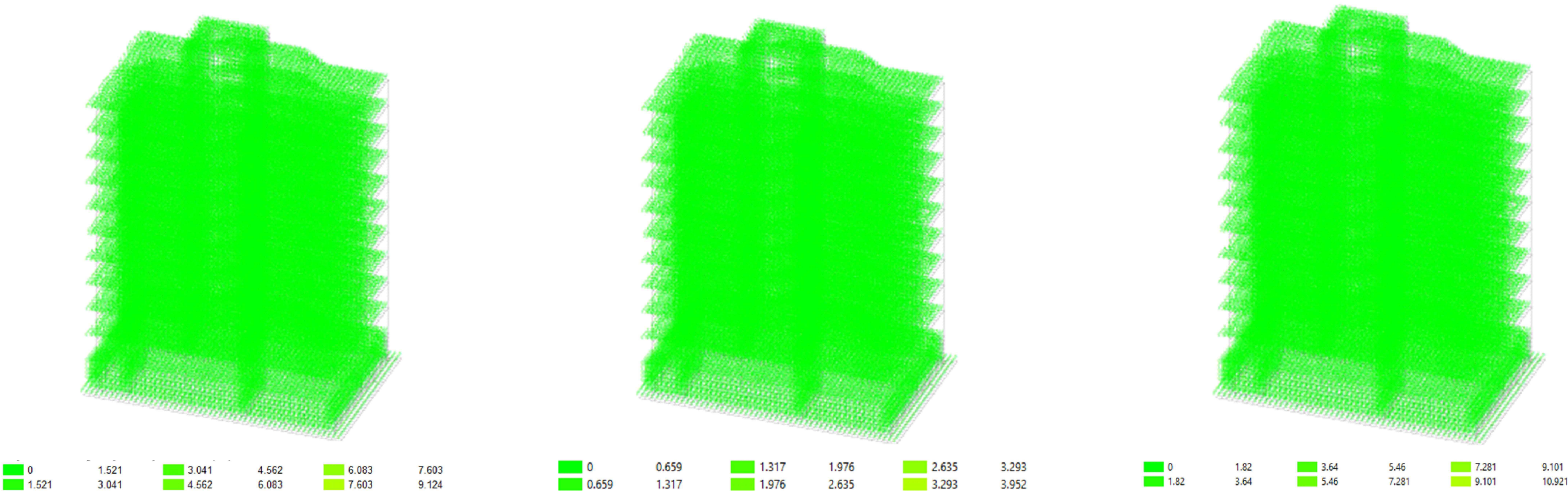


Модель №1

Модель №3

Модель №4

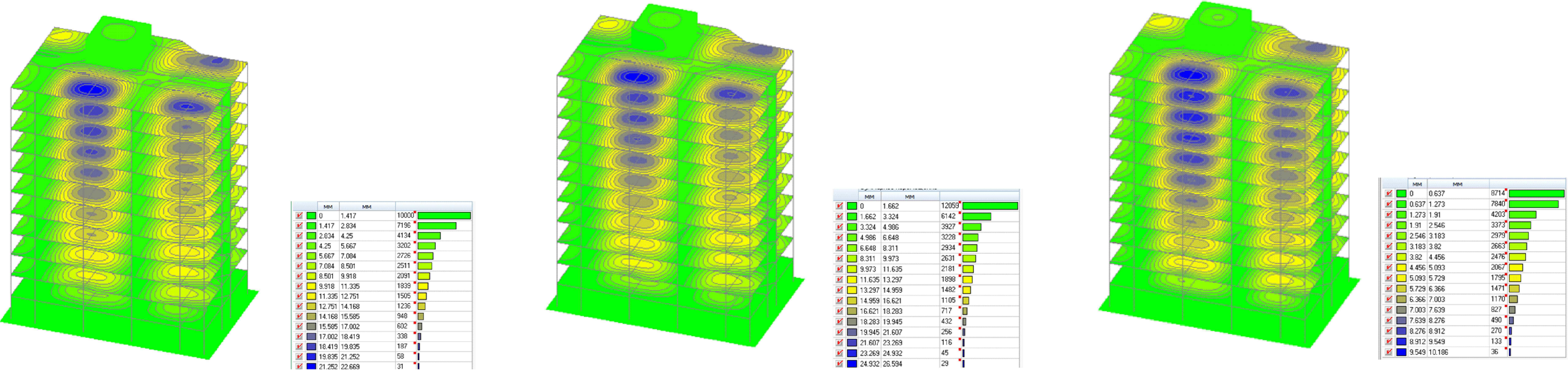
Деформация от суммарной нагрузки многоэтажного жилого здания



Исходные данные испытываемых моделей

№ модели		1	2	3
Класс бетона		B25(типовой)	B40 МКЗ	B40 МКЗ
Арматура Верхнего сечения	Продольная	A400 Ø12	A400 Ø10	A400 Ø10
	Поперечная	A240 Ø12	A400 Ø10	A400 Ø10
Арматура Нижнего сечения	Продольная	A400 Ø14	A400 Ø10	A400 Ø10
	Поперечная	A240 Ø14	A400 Ø10	A400 Ø10
Высота плиты перекрытия		160	140	120

Перемещение от суммарной нагрузки многоэтажного жилого здания



Подбор состава бетона с микрокремнеземом



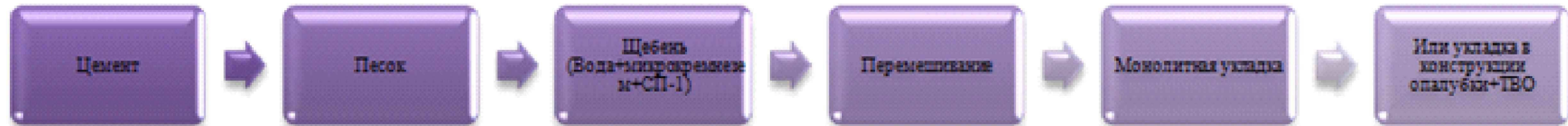
Оптимальное введение микрокремнезема в бетонную смесь

№	Количество кремнезема	Нормальная густота, %
1	0	26,25
2	10	28,50
3	20	34,50
4	30	38,75
5	40	45,66

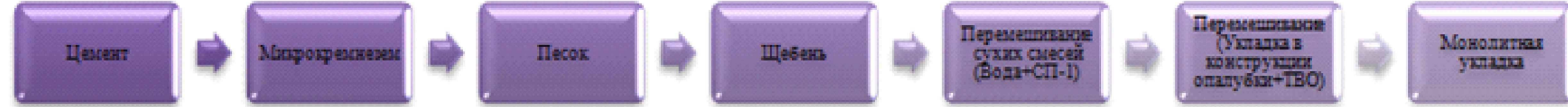
Технологическая схема изготовления бетонов:

типового (1 способ) и с микрокремнеземом (2 способ)

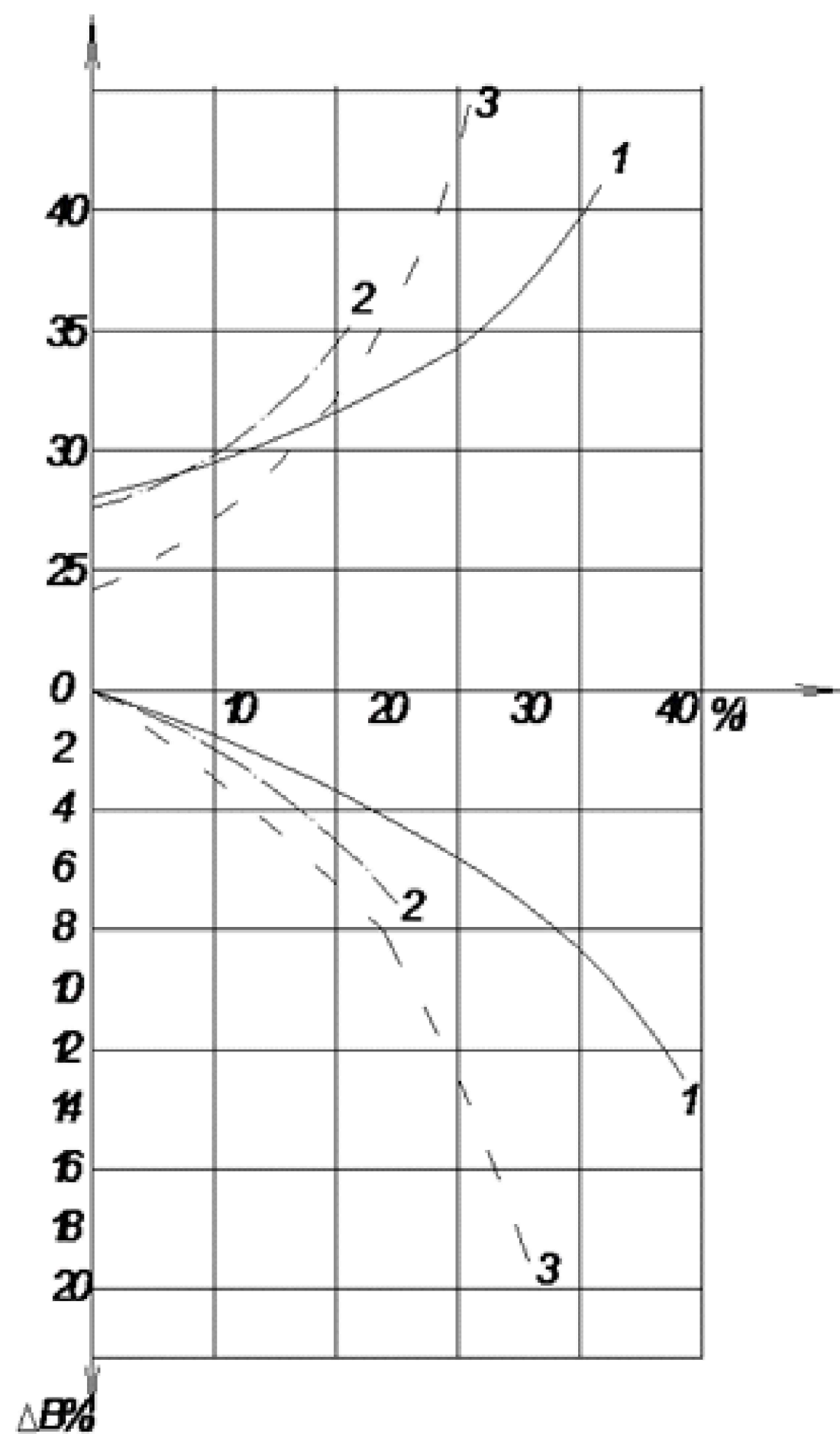
1 способ



2 способ

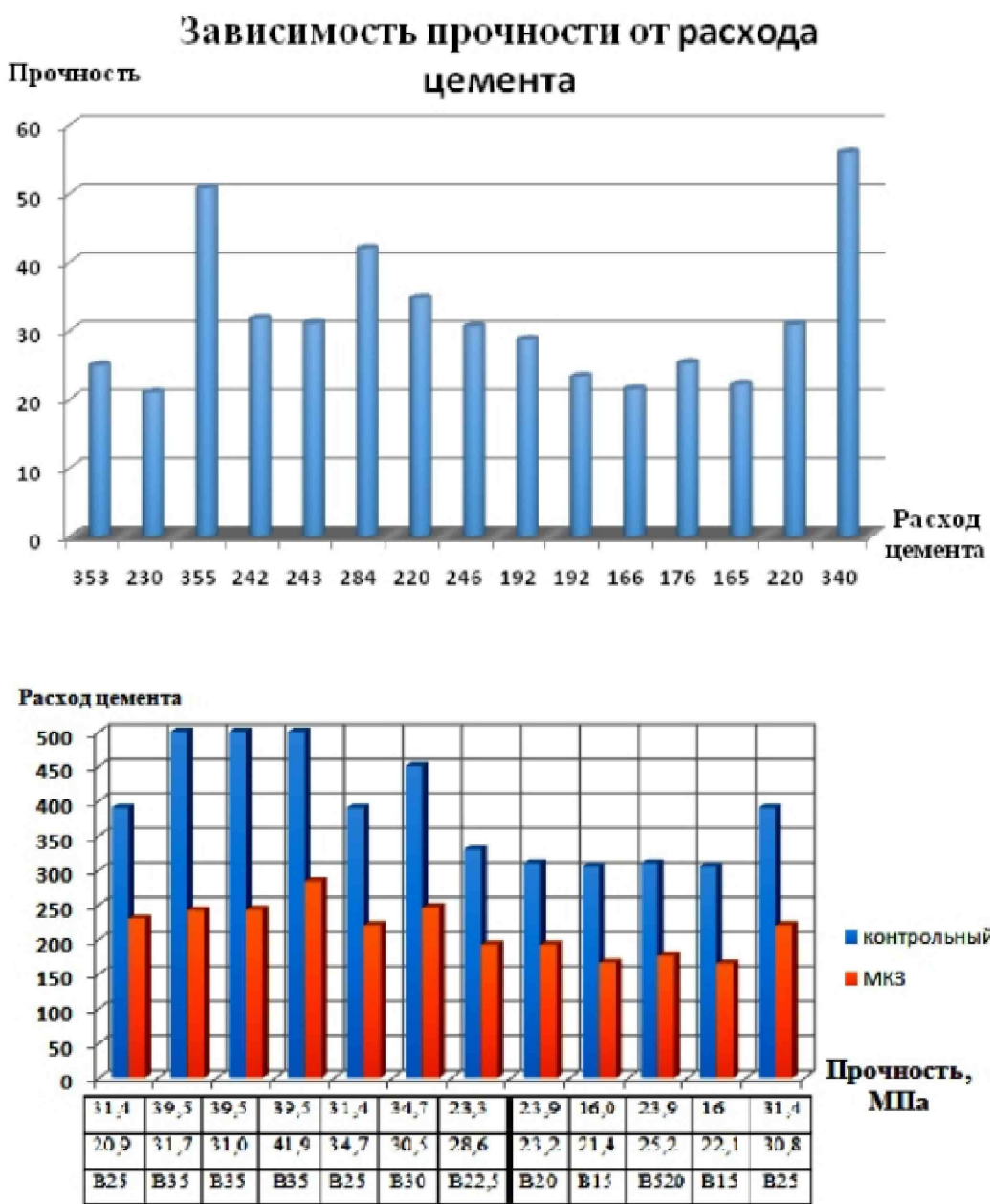


Изменение водопотребности цементных суспензий в зависимости от дозировок МКЗ

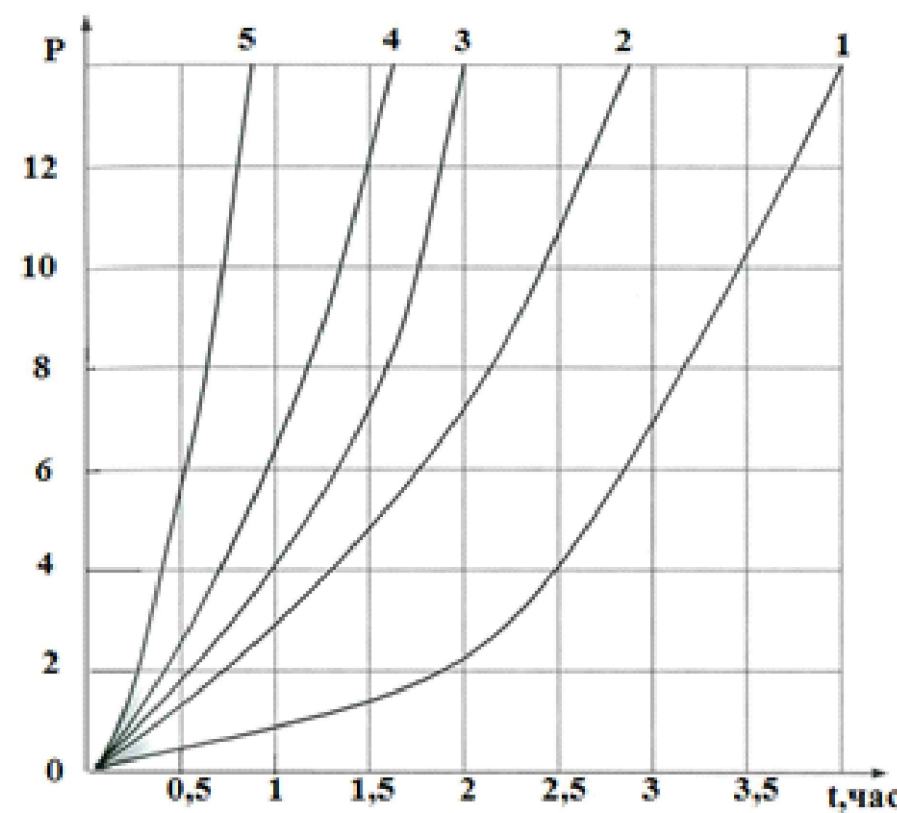


1 – образцы после ТВО с изотермой при 600С; 2– тоже, с изотермой при 850С; 3– образцы в возрасте 28 суток.

Зависимость прочности от расхода цемента

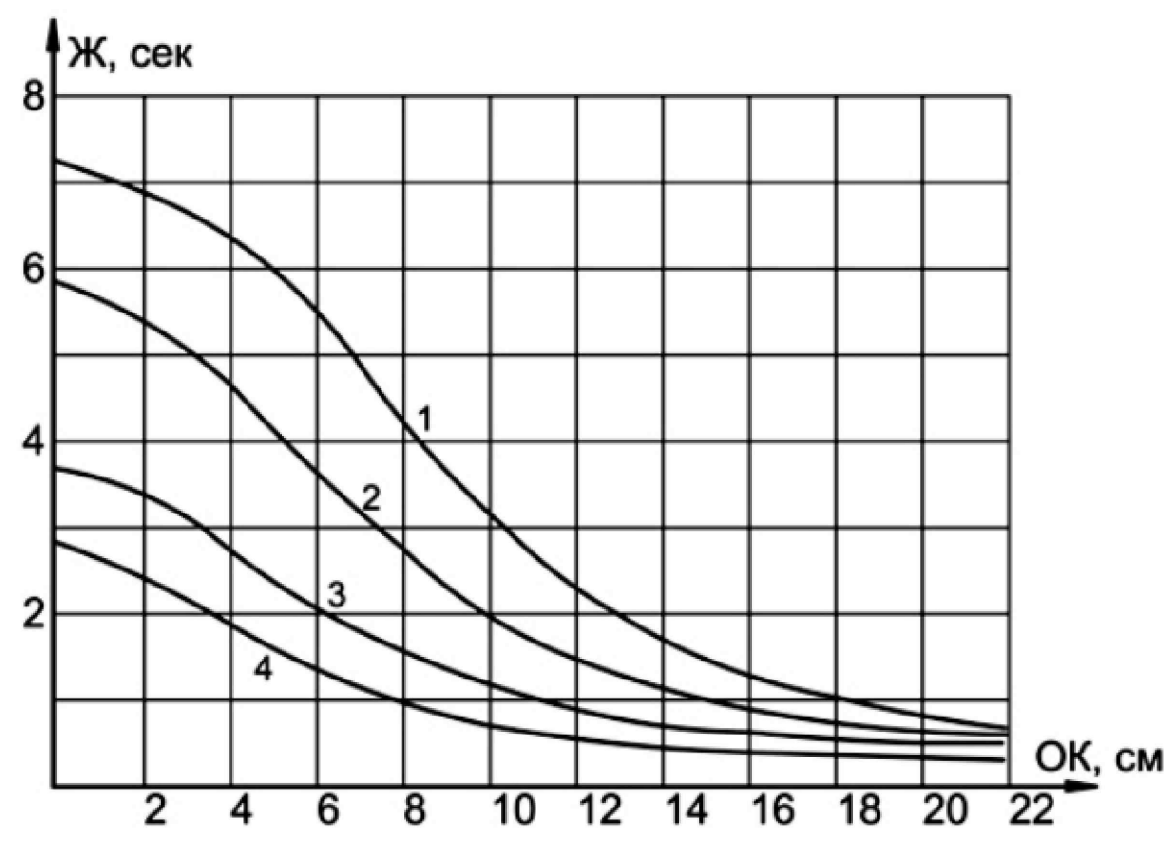


Влияние кремнезема на кинетику нарастания прочности цементного теста



1 – цемент без добавок; 2– цемент + 10% МКЗ + 0,2% С-3; 3– цемент + 20% МКЗ + 0,3% С-3; 4– цемент + 30% МКЗ + 0,5% С-3; 5– цемент + 40% МКЗ + 0,8% С-3.

Изменение удобоукладываемости бетонных смесей МКЗ в зависимости от подвижности



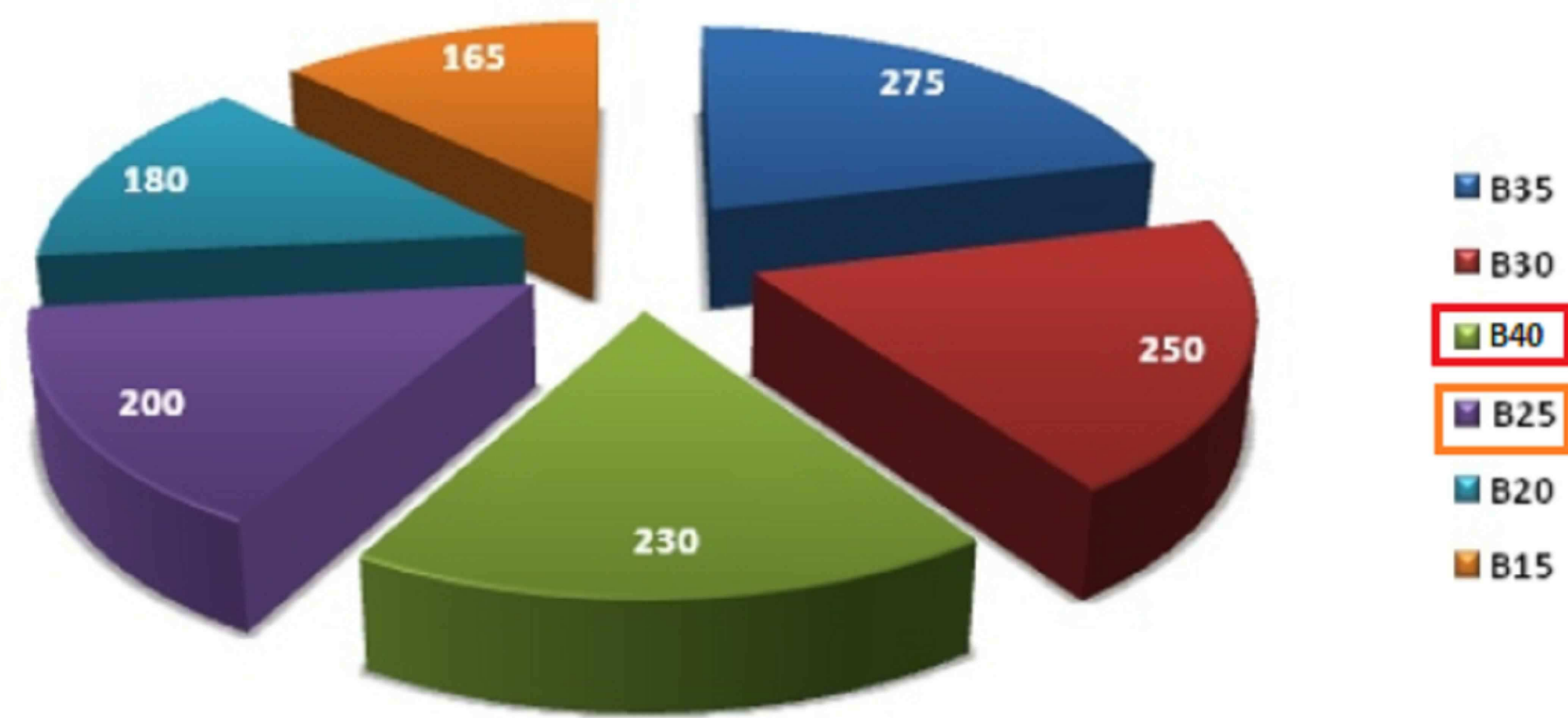
Разрушение образца бетона В50 с микрокремнеземом



Стоимость 1 м3 бетона по материалам

Наименование материалов	Ед. изм.	Классы бетона		
		B25	B25 МКЗ	B40 МКЗ
Цемент	кг/м3	360	200	231
Микрокремнезём	кг/м3	-	40	40
Песок	кг/м3	840	897	776
Щебень фр.5-20мм	кг/м3	1060	1060	1194
Вода	кг/м3	180	200	188
Добавка СП-1:	% от веса цемента	1,08	1,5	1,3
Плотность бетонной смеси	кг/м3	2,454	2,420	2,455
ОК сразу/ 10 мин.	См	5÷9	6,5÷9	8÷9
В/Ц		0,63	0,76	0,64
Весовая доля песка		0,44	0,46	0,39
R5 ТВО	Мпа	34,7	34,8	44,2
R28 ТВО	Мпа	35,0	36,0	55,9
Стоимость контрольного класса	с НДС, руб. (20%)	3 069,97	2 750,68	2 861,55

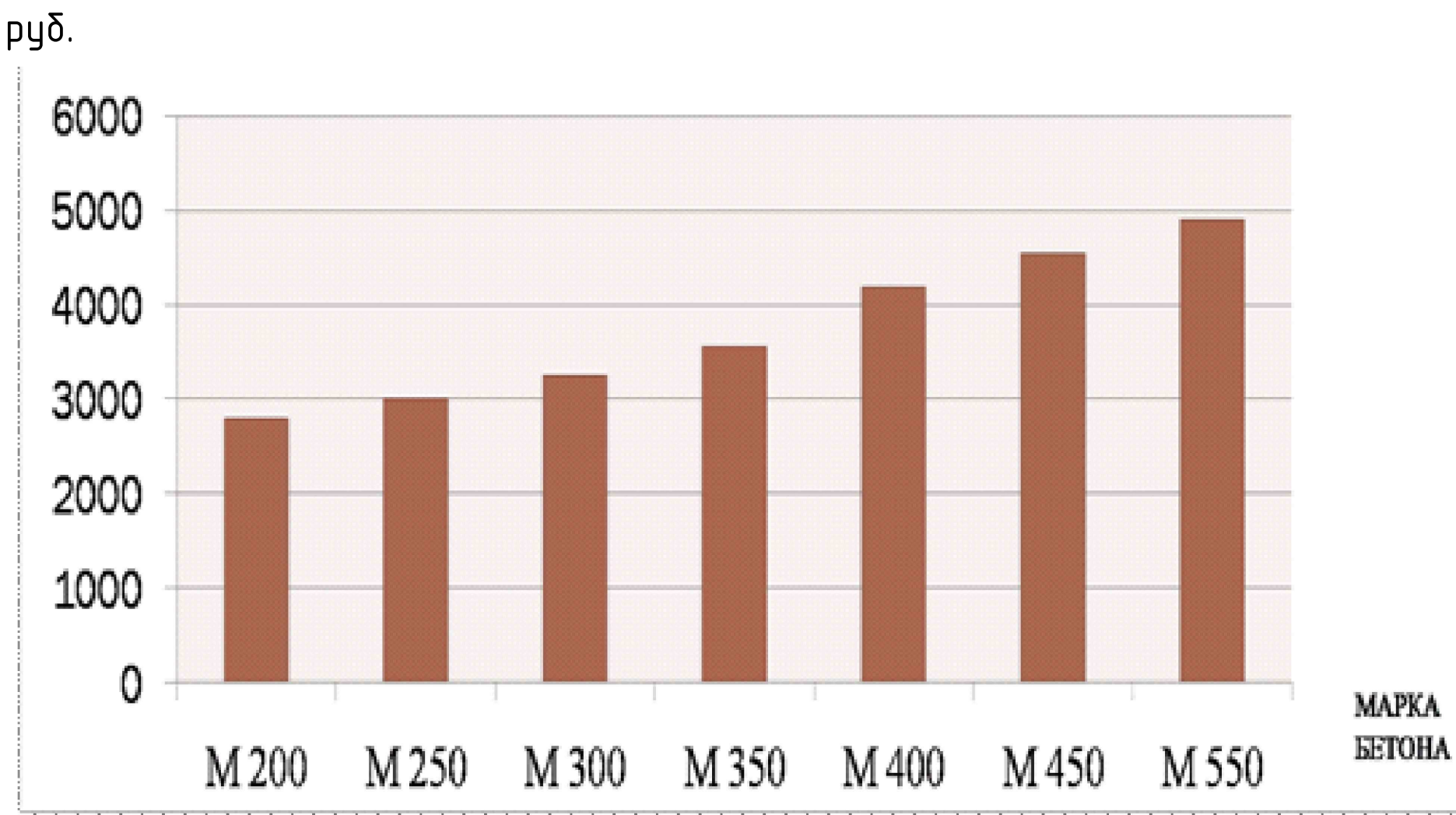
Расход цемента в зависимости от класса бетона



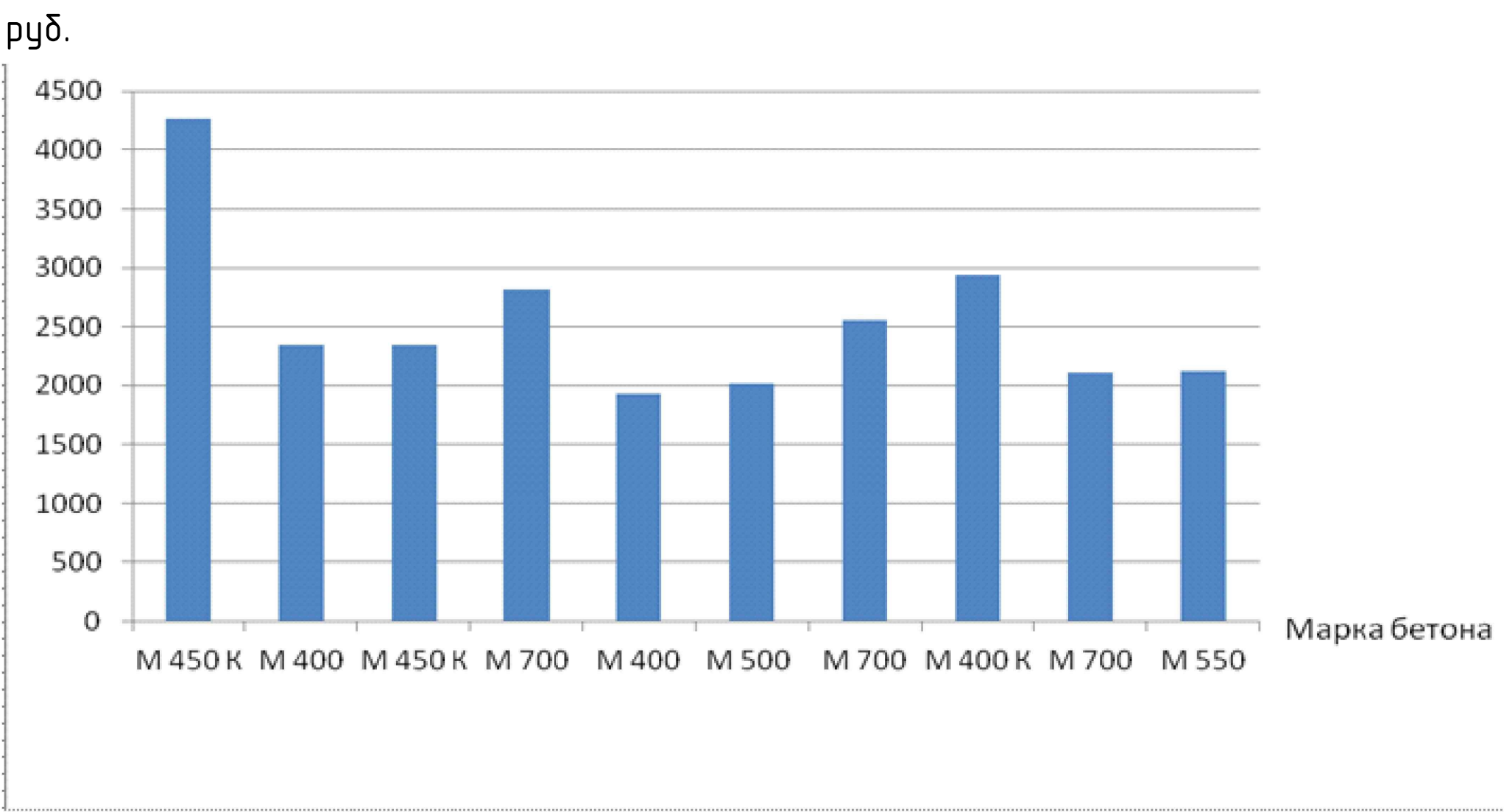
Экономическая эффективность 1м³ в рублях

Цемент	829 руб.
ТВО э. 3часа 510 МДж=0,12зКал	185,85 руб.

Стоимость 1 м3 бетона по материалам в РХ



Стоимость 1 м3 бетона с микрокремнеземом согласно экспериментальных данных



Введение микрокремнезема в бетонную смесь на цементах средней активности позволит

1. Получить высокопрочные бетоны (либо экономию цемента до 50%);
2. Получить безпропарочные бетоны с отпускной прочностью в 30 в течении 24 часов;
3. Сократить продолжительность тепловлажностной обработки на 3–4 часа;
4. Повышение морозостойкости f и водонепроницаемости w бетонов;
5. Повысить сульфатостойкость бетонов изготавливаемых на обычном портландцементе;
6. Улучшить связность литых бетонных смесей;
7. Сохранность арматурной стали в бетоне обеспечивается при дозировке мкз не более 20% от массы цемента (>20%вводят ингибиторы коррозии стали – нитрат натрия);
8. Улучшить экологическую обстановку, при этом получить значительный эффект в стройиндустрии.

Выводы:

1. Выявлены пути по эффективному снижению материалоемкости элементов железобетонного каркаса на основе применения бетонов и повышенных классов прочности.
2. Решена задача об оптимальной толщине плиты перекрытия в составе каркаса по критерию снижения материалоемкости и стоимости.
3. Проведены многофакторные численные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных плит перекрытия в составе конструкции каркаса здания с варьированием пролетов, толщин, нагрузок, классов бетона и арматуры, что позволило существенно уточнить расчетные параметры, определяющие их несущую способность.
4. Установлены рациональные области и выявлены критерии оценки возможностей для оптимального проектирования и реализации конструктивных решений железобетонного каркаса в части снижения его материалоемкости при замене традиционной типового класса бетона В25 на класса бетона В40 с микрокремнеземом.
7. Выполнены численные методы исследования несущей способности, трещиностойкости и деформативности фрагментов железобетонных плит перекрытия каркаса с целью проверки сечения, положенных в основу расчетных моделей.

Магистерская диссертация выполнена мной самостоятельно.
Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в _____ 1 _____ экземплярах.

Библиография _____ 188 _____ наименований.

Один экземпляр сдан на кафедру.

«_____» _____ 20__ г.


(подпись)

(Ф.И.О.)

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал СФУ
институт

Строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

подпись Г.Н. Шибаева
« 26 » 66 2019 г.
инициалы, фамилия

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных
зданий с применением микрокремнезема
тема


08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления подготовки

08.04.01.03 «Теория и проектирование зданий и сооружений»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель



подпись, дата

26.09.16

К.Т.Н., доцент
должность, учёная степень

Г.Н. Шибаева
инициалы, фамилия


Выпускник


подпись, дата

26.09.19

К.В. Сазнов
инициалы, фамилия

Рецензент



подпись, дата

Гл. инженер НО «МЖФ г. Абакан»

должность, учёная степень

А.В. Куранов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

26.06.19

К.Т.Н., доцент
должность, учёная степень

Г.Н. Шибаева
инициалы, фамилия

Абакан 2019

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЗАВЕДУЮЩЕГО КАФЕДРОЙ
О ДОПУСКЕ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ К ЗАЩИТЕ**

Вуз (точное название) Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Кафедра Строительство

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заведующего кафедрой Строительство
(наименование кафедры)
Шибяевой Галины Николаевны
(фамилия, имя, отчество заведующего кафедрой)

Рассмотрев магистерскую диссертацию студента группы № 37-3
Сазнова Константина Вадимовича
(фамилия, имя, отчество студента)

выполненную на тему: «Особенности конструирования железобетонных
конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема»

по реальному заказу -
(указать заказчика, если имеется)

с использованием ЭВМ: Microsoft Office Word 2010,
Microsoft Office Excel 2010, AutoCAD 2014, Mozilla Firefox, SCAD Office
(название задачи, если имеется)

Положительные стороны работы: Проведены подборы рациональных
составов бетонов средних и низких классов на цементах М400-500 с тепловой
обработкой и в естественных условиях с микрокремнеземом. Исследованы
физико-механические и технологические свойства бетонов с
микрокремнеземом с привязкой к местным материалам завода ЖБИ НО «МЖФ
в г. Абакане». Проведены численные исследования и анализ НДС конструкций
с микрокремнеземом в сравнении с типовым.

в объёме 102 листов магистерской диссертации, отмечается, что работа
выполнена в соответствии с установленными требованиями и допускается
кафедрой к защите.

Зав. кафедрой Г.Н. Шибяева

«26» 06 2019 г.

АННОТАЦИЯ

на магистерскую диссертацию Сазнова Константина Вадимовича
(фамилия, имя, отчество)

на тему: *«Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема»*

Актуальность тематики и её значимость – Актуальность тематики связана в особенностях конструирования железобетонных конструкций с микрокремнеземом представляющие большой интерес, в связи с экономией бетона и арматуры, в сокращении сроков для возведения многоэтажных зданий.

Использование ЭВМ: Во всех основных главах магистерской диссертации, использованы стандартные и специальные строительные программы ЭВМ: Microsoft Office Word 2010, Microsoft Office Excel 2010, AutoCAD 2014, Mozilla Firefox, SCAD Office.

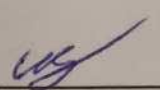
Качество оформления: Магистерская диссертация выполнена с высоким качеством на ЭВМ. Распечатка диссертации сделана на лазерном принтере с использованием цветной печати для большей наглядности диаграмм, графиков и схем. Разработано согласно СТО 4.2.07-2014.

Оценка достигнутого результата: Цели и задачи магистерской диссертации были достигнуты и решены.

Освещение результатов работы: Результаты исследований изложены последовательно, носят конкретный характер и освещают все этапы исследования.

Степень авторства: Магистерская диссертация выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

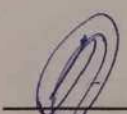
Автор магистерской диссертации


подпись

К.В. Сазнов

(фамилия, имя, отчество)

Научный руководитель


подпись

Г.Н. Шибаева

(фамилия, имя, отчество)

ABSTRACT

of the master thesis by Saznov Konstantin Vadimovich
(surname, first name, patronymic)

Theme: *"Features of designing reinforced concrete structures of multi-storey buildings using silica fume"*

Topicality and its significance: The relevance of the topic is related to the design features of reinforced concrete structures with silica fume being of great interest, due to savings of concrete and reinforcement, to reducing the time for the construction of multi-storey buildings.

The usage of computer: In all main chapters of the master thesis the computer standard and special construction programs have been used: Microsoft Office Word 2010, Microsoft Office Excel 2010, AutoCAD 2014, Mozilla Firefox, Elcut.

Quality of presentation: The master thesis has been made with high quality by means of computer. The printout of the thesis has been made by laser printer using the color printing for higher visual expression of charts, diagrams and schemes. It has been developed according to STO 4.2.07-2014.

Evaluation of progress: The purposes and tasks of the master thesis have been reached and solved.

Coverage of results: Results of researches have been stated consistently, have concrete character and cover all investigation phases.

Degree of authorship: The master thesis has been executed by me independently. The materials and concepts used in the work from the published scientific literature and other sources have references to them.

Author of the master thesis


signature


K.V. Saznov
(initials, surname)

Scientific supervisor


signature

G.N. Shibaeva
(initials, surname)

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал СФУ
институт
Строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

подпись Г.Н. Шибаева
инициалы, фамилия
«28» 09 2017 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

в форме магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту: Сазнову Константину Вадимовичу
(фамилия, имя, отчество студента)

Группа 37-3 Направление (специальность) 08.04.01.03
(код)

«Теория и проектирование зданий и сооружений»
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: «Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема»

Утверждена приказом по университету № 623 от 28.09.2017 г.

Руководитель МД Г.Н. Шибаева к.т.н., доцент, зав. каф., ХТИ – филиала СФУ
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для МД: практические исследования в области подбора высокопрочных бетонов с микрокремнеземом и численные исследования и анализ НДС конструкций каркасного многоэтажного дома

Перечень разделов МД: аналитический литературный обзор; характеристика исходных материалов; исследовательская часть, численные методы исследований в программном комплексе Elcut; исследования в области надёжности и теплоэффективности различных видов теплоизоляционных материалов существующих многоэтажных зданий

Перечень графического или иллюстрационного материала с указанием основных чертежей, плакатов, слайдов 8 плакатов формата А1

Руководитель МД


(подпись)

Г.Н. Шибаева
(инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению


(подпись)

К.В. Сазнов
(инициалы и фамилия студента)

«28» 09 2017 г.

**РЕЦЕНЗИЯ
НА МАГИСТЕРСКУЮ ДИССЕРТАЦИЮ**

*Сазнова Константина Вадимовича
Хакасского технического института – филиала СФУ
Кафедра «Строительство»*

Выполненная на тему: « Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема ».

Применение микрокремнезема в бетоне для строительства многоэтажных зданий позволяет сэкономить составляющие бетона, арматуры, ТВО (тепловлажностной обработки на 3-4 часа). Для возведения безригельного каркаса по системе КУБ-2,5 особенно все это актуально.

Диссертация Сазнова Константина Вадимовича является результатом упорной работы в магистратуре по направлению «Теория и проектирование зданий и сооружений».

Магистрант показал себя грамотным, подготовленным к проведению серьезных научных исследований, о чем и свидетельствует данная магистерская диссертация.

Проведены подборы составов бетонов с микрокремнеземом с исследованием физико-механических и технологических свойств бетонов с экономией цемента и получения высоких классов бетона, с применением программного комплекса SCAD Office просчитаны: каркас и перекрытие многоэтажного жилого дома. Анализ расчетов показал оптимальную высоту перекрытия и деформативность панелей и полученные НДС перекрытия, что актуально для строительства каркасных зданий.

Об этом свидетельствует сформулированные научная новизна, практическая значимость магистерской диссертации.

Замечания: расширить тему до экспериментальных наглядных результатов.

Данное замечание не влияет на общую оценку магистерской работы.

Магистрант Сазнов К.В. заслуживает присвоения звания магистра по направлению 08.04.01 «Строительство» магистерской программы 08.04.01.03.

«Теория и проектирование зданий и сооружений», а работа « Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема » - оценки «отлично»

Главный инженер НО «МЖФ»
(должность)



А.В.Куранов
(Ф.И.О)

24 » 06 2019 г.

ОТЗЫВ НА МАГИСТЕРСКУЮ ДИССЕРТАЦИЮ

Сазнова Константина Вадимовича
Хакасского технического института – филиала СФУ
Кафедра «Строительство»

Выполненная магистерская диссертация на тему: «Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема» является актуальной работой, в которой решаются вопросы надежности проектирования и строительства многоэтажных каркасных зданий с применением микрокремнезема, с целью экономии бетона и арматуры.

За время обучения в магистратуре по направлению 08.04.01 «Строительство» магистерской программы 08.04.01.03 «Теория и проектирование зданий и сооружений», магистрант показал себя грамотным, организованным, целеустремлённым, подготовленным к проведению серьёзных научных исследований, о чём свидетельствует магистерская работа, публикации научных статей, участие в научно-практических конференциях.

Сформулированы цели, задачи. В исследовательской работе применён программный комплекс SCAD Office, просчитаны модели с разными классами бетонов в сравнении с типовым КУБ-2,5.

Сформулирована научная новизна, практическая значимость темы «Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема».

Магистрант Сазнов К.В. заслуживает присвоения звания магистра по направлению 08.04.01 «Строительство» магистерской программы 08.04.01.03 «Теория и проектирование зданий и сооружений», а работа «Особенности конструирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий с применением микрокремнезема» – оценки «хорошо».

К.т.н., доцент
кафедры «Строительство»,
ХТИ – филиала СФУ


(подпись)

Г.Н. Шибаета
(инициалы и фамилия)